

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ**

**ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ГОРОДСКОГО ХОЗЯЙСТВА имени А. Н. БЕКЕТОВА**

**С. С. Душкин, С. С. Душкин**

**ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦИЙ**

*(для студентов всех форм обучения образовательного уровня «бакалавр»  
область знаний 0601– Строительство и архитектура  
направление подготовки 6.060103 – Гидротехника (Водные ресурсы)  
профессиональное направление «Рациональное использование и  
охрана водных ресурсов»)*

**Харьков**

**ХНУГХ им. А.Н. Бекетова**

**2017**

## УДК 628.16

**Душкин С. С.** Эксплуатация водохозяйственных объектов : конспект лекций для студентов всех форм обучения образовательного уровня «бакалавр» область знаний 0601 – Строительство и архитектура, направление подготовки 6.060103 – Гидротехника (Водные ресурсы), профессиональное направление «Рациональное использование и охрана водных ресурсов» / С. С. Душкин, С. С. Душкин ; Харьков. нац. ун-т город. хоз-ва им. А. Н. Бекетова. – Харьков : ХНУГХ им. А.Н. Бекетова, 2017. – 145 с.

Авторы:

д-р техн. наук, проф. С. С. Душкин  
канд. техн. наук, ст. преп. С. С. Душкин

Рецензент

**Т. А. Шевченко**, кандидат технических наук, доцент Харьковского национального университета городского хозяйства имени А. Н. Бекетова

*Рекомендовано кафедрой водоснабжения, водоотведения и очистки вод, протокол № 1 от 29.08.2017.*

Конспект лекций составлен с целью помочь студентам строительных специальностей вузов при подготовке к занятиям, зачетам и экзаменам по дисциплине «Эксплуатация водохозяйственных объектов».

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	8
ТЕМА 1 СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, ХАРАКТЕРИСТИКА ИХ.....	10
1.1 Комплекс водоснабжения водохозяйственных объектов.....	10
1.2 Характеристика систем водоотведения водохозяйственных объектов.....	16
Контрольные вопросы.....	22
ТЕМА 2 САНАЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	22
2.1. Бестраншейные технологии локальных ремонтов и уплотнения сетей водоснабжения и водоотведения.....	23
2.2. Реставрация внутренней поверхности трубопроводов.....	25
2.3 Реставрация с помощью отвердевающих полимерных пленок («метод чулка»).....	29
2.4 Реставрация трубопроводов методом Flexoren.....	35
2.5 Методы замены существующих трубопроводов с возможностью увеличения их поперечного сечения.....	40
2.6 Анализ технологических показателей способов бестраншейного восстановления трубопроводов.....	42
Контрольные вопросы.....	43
ТЕМА 3 СТРУКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	44
3.1 Основные задачи диспетчеризации и структура диспетчерской службы.....	44
3.2 Лаборатория автоматики и контроля.....	51
Контрольные вопросы.....	51

ТЕМА 4 КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РЕКАХ И ВОДОХРАНИЛИЩАХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СИСТЕМАХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	52
4.1 Регулирование речного стока.....	52
4.2 Качественные изменения в реках и водохранилищах.....	53
4.3 Наблюдения за режимом водохранилищ и рек.....	54
4.4. Наблюдения за процессом заиления и зарастания водохранилищ.....	56
Контрольные вопросы.....	56
ТЕМА 5 СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГНОЗОВ И ПЛАНОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕК И ВОДОХРАНИЛИЩ.....	57
5.1 Номенклатура эксплуатационных прогнозов водохранилищ и рек.....	57
5.2 Количественный и качественный балансы водохранилища.....	60
5.3 Эксплуатационный график использования водохранилища.....	62
Контрольные вопросы.....	65
ТЕМА 6 ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ....	65
6.1 Подготовка воды на сооружениях водохозяйственных объектов.....	65
6.2 Повышение эффективности работы сооружений водоподготовки.....	70
6.3 Планово-предупредительный и капитальный ремонты на объектах водоподготовки.....	73
Контрольные вопросы.....	78

ТЕМА 7 ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	79
7.1 Требования к правилам эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов.....	79
7.2 Прием производственных сточных вод в городскую систему водоотведения.....	80
7.3 Требования к смеси бытовых и производственных сточных вод при их биологической очистке.....	81
Контрольные вопросы.....	82
ТЕМА 8 ПРИЕМКА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	82
8.1 Состав приемной комиссии при приемке в эксплуатацию сооружений водоснабжения и водоотведения водохозяйственных комплексов.....	82
8.2 Перечень исполнительной документации, передаваемой службе эксплуатации водохозяйственных объектов.....	83
8.3 Порядок проектирования водоснабжения объектов и присоединение абонентов к коммунальным водопроводам.....	84
Контрольные вопросы.....	86
ТЕМА 9 УЧЕТ ВОДЫ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ.....	87
9.1 Особенности использования водосчетчиков в системах водоснабжения водохозяйственных объектов.....	87
9.2 Регулирование свободных напоров в системах водоснабжения водохозяйственных объектов.....	89
9.3 Безводомерный учет воды.....	90
9.4 Структура неучтенных расходов и потерь воды.....	93
9.5 Порядок определения неучтенных расходов и потерь воды.....	96

Контрольные вопросы.....	99
ТЕМА 10 ВОДОУЧЕТ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ.....	99
10.1 Мероприятия по сокращению величины утечек воды из систем водоснабжения водохозяйственных объектов.....	99
10.2 Приборы учета воды в системах водохозяйственных объектов, характеристика их.....	100
10.3 Обоснование выбора калибра счетчика водомера.....	103
Контрольные вопросы.....	104
ТЕМА 11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА СООРУЖЕНИЯХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ....	104
11.1 Лабораторно-производственный контроль.....	104
11.2 Санитарно-экологический анализ воды.....	105
11.3 Система лабораторно-производственного контроля на очистных сооружениях водоотведения.....	106
11.4 Материально-техническое обеспечение лабораторно-производственного контроля.....	107
Контрольные вопросы.....	108
ТЕМА 12 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ.....	109
12.1 Основные задачи системы технического обслуживания на водохозяйственных объектах.....	109
12.2 Основные виды работ по техническому обслуживанию водохозяйственных объектов.....	113
12.3 Структурная схема ремонтного цикла водохозяйственных объектов.....	114
Контрольные вопросы.....	115

ТЕМА 13 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	116
13.1 Эксплуатация источников подземных вод водохозяйственных объектов.....	116
13.2 Забор подземных вод водохозяйственных объектов.....	117
13.3 Особенности эксплуатации насосных станций водохозяйственных объектов.....	121
13.4 Аварийный ремонт в системах водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов.....	125
Контрольные вопросы.....	130
ТЕМА 14 НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	130
14.1 Общие положения.....	130
14.2 Показатели надежности технических систем.....	132
14.3 Суммарное водопотребление водохозяйственных объектов.....	136
14.4 Повышение надежности эксплуатации водохозяйственных объектов.....	139
Контрольные вопросы.....	143
СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	144

## ВВЕДЕНИЕ

### Цель и задание учебной дисциплины

1. Целью изучения дисциплины является подготовка специалиста, который будет владеть знаниями по вопросам: правильного и высокопрофессионального использования объектов водного хозяйства; подготовки объектов водного хозяйства для производственно-технологической деятельности на производстве; учет достижений научно-технического прогресса в повышении технического уровня водохозяйственных объектов, в частности, приемов их в эксплуатации, которые обеспечивают: охрану окружающей естественной среды; экономию водных и энергетических ресурсов.

2. Основными *заданиями*, которые будут решены в процессе преподавания дисциплины, является теоретическая и практическая подготовка бакалавра по следующим вопросам: технической эксплуатации водохозяйственных объектов; организации эксплуатационных работ; технологии выполнения эксплуатационных работ; выполнение технической эксплуатации, организации и технологии выполнения эксплуатационных работ при условиях реформирования водного хозяйства и перехода к новым рыночным отношениям.

3. Согласно требованиям образовательно-профессиональной программы, студенты должны:

**знать:** элементы водохозяйственных сетей и сооружений, машин, механизмов и оборудования водохозяйственных объектов, организацию эксплуатационных работ, технологии выполнения эксплуатационных работ, организацию и технологии выполнения эксплуатационных работ при условиях реформирования водного хозяйства и перехода к новым рыночным отношениям.



**уметь:**

- используя типичные решения и проекты, действующие нормативные и методические документы осуществлять выбор технологических схем и определить параметры и режим работы элементов водохозяйственных сетей и сооружений;

- пользуясь проектно-технологической документацией, соответствующими нормами и правилами с помощью соответствующих приборов и инструментов проводить испытание и измерение основных параметров технологических процессов и осуществлять проверку их соответствия с проектными параметрами и нормативами;

- уметь использовать вычислительную технику; действующие методики и нормативные документы для проведения гидрологических, гидравлических, гидротехнических инженерных расчетов;

- использовать нормативную и техническую документацию, научно-техническую литературу, применять полученные знания на практике;

**быть компетентными:**

- выполнять обследование технического состояния элементов водохозяйственных сетей и сооружений, обнаруживать отказы и повреждения, разрабатывать мероприятия относительно их предупреждения и устранения, усовершенствования или реконструкции;

- проводить наблюдение за влиянием водохозяйственных сетей и сооружений на состояние окружающей природной среды и фиксировать изменения в нем в результате применения выбранных технологий, использования сырья и материалов.

# **ТЕМА 1 СИСТЕМЫ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ, ХАРАКТЕРИСТИКА ИХ**

## **1.1 Комплекс водоснабжения водохозяйственных объектов**

Системы водоснабжения представляют собой комплекс сооружений, предназначенных для снабжения потребителей водой в необходимых количествах, требуемого качества и под требуемым напором при соблюдении надежности их работы. Системы классифицируют по ряду признаков.

**По виду потребления воды** системы водоснабжения можно разделить на:

- хозяйственно-питьевые;
- производственные;
- противопожарные.

Кроме того, вода используется для полива территории и зеленых насаждений, а также других целей. В зависимости от вида объекта, снабжаемого водой, системы называются *городскими, поселковыми, промышленными*. Система водоснабжения может снабжать водой как один объект, так и группу однородных и разнородных объектов на территории района.

На промышленных предприятиях в зависимости от **схемы использования** воды системы подразделяются на *прямоточные, оборотные, с последовательным использованием и замкнутые*.

**В зависимости от источника водоснабжения** они разделяются на *системы, питаемые из поверхностных и подземных источников*.

**По способу подачи воды потребителям** системы могут быть *напорными и безнапорными*. Возможна комбинированная схема подачи воды. Система водоснабжения состоит из сооружений для забора воды из

источника водоснабжения, ее обработки и транспортирования к потребителю и сооружений для ее хранения (рис.1.1).

*Водозаборные сооружения.* В зависимости от характера источника водоснабжения сооружения для приема воды 1 могут быть различными. Из поверхностных источников (рис. 1.1, а) забор воды осуществляется береговыми и русловыми водозаборами, имеющими разнообразные конструкции; из подземных (рис. 1.1, б) – водозаборными скважинами.

*Сооружения для подъема и перекачки воды – насосные станции.* В общем случае вода из источника водоснабжения перекачивается на очистные сооружения насосной станцией I подъема (2), а после очистки подается потребителям насосной станцией II подъема (5).

*Сооружения для очистки воды 3* необходимы для доведения качества воды до требований, предъявляемых к ней потребителями.

*Сборные резервуары* (резервуары чистой воды 4) служат для сглаживания неравномерности режима работы насосных станций I и II подъема и хранения противопожарных и аварийных объемов воды.

*Сооружения для транспортирования воды к местам ее распределения* (водоводы 6) представляют собой системы труб или каналов, по которым вода подается к городу или промышленному объекту.

*Сооружения для распределения воды* по территории объекта и раздачи ее потребителям (водопроводная сеть 8) представляют собой систему трубопроводов, уложенных по улицам, проездам и т. д., подающих воду к отдельным домам и предприятиям.

*Сооружения для хранения и аккумуляирования воды* (водонапорная башня 7) выполняют ту же роль, что и резервуар чистой воды (из-за несовпадения режима работы насосной станции II подъема и режима водопотребления).

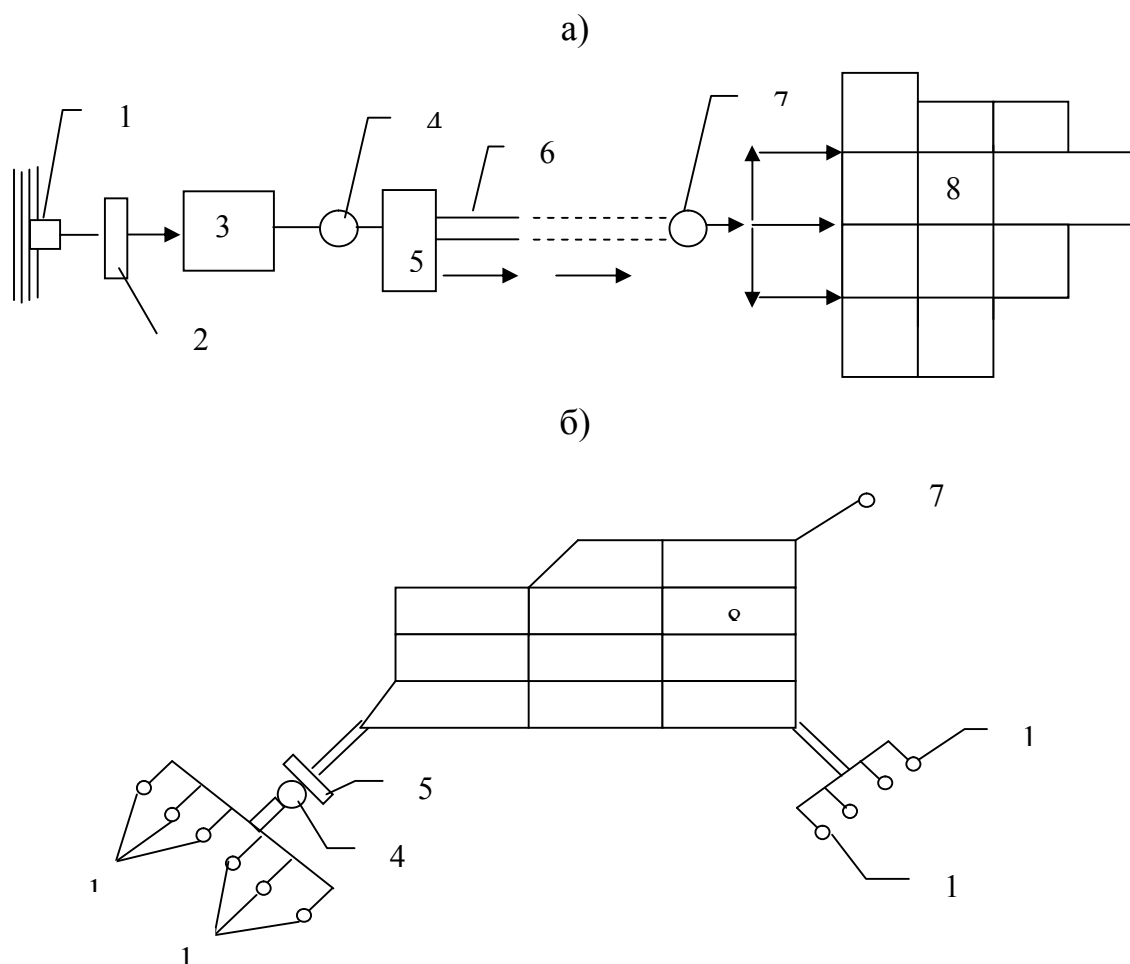


Рисунок 1.1 – Общая схема системы водоснабжения:

а – из поверхностного источника, б – из подземного источника,

1 – водозаборные сооружения; 2 – насосная станция I подъема;

3 – очистные сооружения; 4 – резервуары чистой воды;

5 – насосная станция II подъема; 6 – водоводы;

7 – напорно-регулирующая емкость; 8 – водопроводная сеть

Местоположение водонапорной башни во многом определяется рельефом местности. Как правило, башни устанавливают на возвышенных участках с целью уменьшения их строительной стоимости. При расположении башни по схеме, представленной на рисунке 1.1, систему называют с **башней в начале сети**, а при расположении ее по схеме, показанной на рисунке 1.1, б – **системой водоснабжения с контррезервуаром**. При наличии вблизи объекта водоснабжения возвышенных мест вместо водонапорных башен устраивают наземные

(подземные) напорные резервуары. Регулирующие емкости могут занимать и промежуточное положение, что зависит от рельефа местности и схемы системы распределения воды.

Схема водоснабжения может быть значительно упрощена, если качество воды в источнике соответствует требуемому. Тогда очистные сооружения 3 могут отсутствовать. Такая схема зачастую возможна при использовании артезианских вод, имеющих высокие санитарно-гигиенические качества. Очистные сооружения могут располагаться как вблизи водозаборных сооружений, так вблизи потребителя, что зависит от удаленности снабжаемого водой объекта от источника водоснабжения, качества воды в нем, условий эксплуатации и технико-экономических соображений.

При наличии источника водоснабжения, расположенного выше отметок снабжаемой водой территории, например, горного водохранилища, горных ключей, напорных артезианских вод, создается возможность подавать воду потребителям самотеком. В этом случае отпадает необходимость устройства насосных станций, перекачивающих воду от источника до потребителя. Возможна и другая схема. При значительной удаленности источника для подачи воды к объекту водоснабжения зачастую необходимо устройство нескольких последовательно работающих насосных станций, перекачивающих воду по водоводам. В зависимости от развитости территории города, промышленного предприятия и т. д., когда напор одной насосной станции, подающей воду в город по водопроводной сети, недостаточен, устраивают дополнительные насосные станции. Если режим работы насосной станции и режим водопотребления совпадают, то водонапорная башня для целей регулирования не устраивается.

Таким образом, обязательными элементами любой системы водоснабжения являются водозаборные сооружения, водоводы и водопроводная сеть. Помимо вида источников и состава сооружений,

системы водоснабжения отличаются и числом источников водоснабжения, которых может быть один и более.

Схема групповой системы водоснабжения (рис. 1.2) применима для групп однотипных и разнотипных потребителей воды 1, расположенных на значительном расстоянии друг от друга при наличии дефицита источников водоснабжения. В этих условиях целесообразно устройство единой системы водоснабжения, транспортирующей воду потребителям по системе водоводов 2. Для снижения высоких давлений в водоводах, возникающих из-за большой их протяженности, в отдельных узлах сети устанавливают резервуары 3, в которые сбрасывается вода. Вода из этих резервуаров забирается насосными станциями 4 и подается в последующий участок водовода, а также близлежащим потребителям. Устройство кольцевой сети, применяемой в городских, производственных и поселковых системах, для групповых систем по экономическим соображениям нецелесообразно. Протяженность магистральных водоводов таких систем достигает от нескольких сот до тысяч километров.

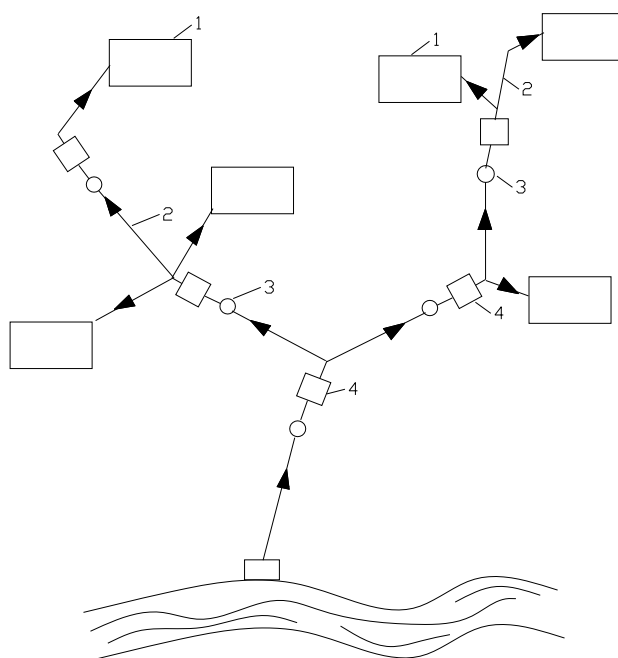


Рисунок 1.2 – Групповая система водоснабжения:

1 – потребители воды; 2 – водоводы; 3 – резервуары; 4 – насосная станция

Приведенные схемы водоснабжения могут применяться как для населенных пунктов, так и для промышленных производств. Однако существуют системы водоснабжения, предназначенные только для предприятий.

Как указывалось, по виду потребления воды системы разделяются на хозяйственно-питьевые, производственные, поливочные и противопожарные. Каждый из потребителей предъявляет свои требования к качеству и количеству воды, величине напоров и т. п. Вода на указанные нужды к потребителям может поступать как по единой (объединенной) системе водоснабжения, так и по отдельным системам для отдельных групп (категорий) потребителей. Степень объединения этих систем зависит от технических и экономических факторов. В городах, как правило, устраивают единую систему водоснабжения, которая подает воду для хозяйственно-питьевых нужд населения и производств, а также для противопожарных целей. Забор воды для полива, если она предусматривается, может осуществляться как из городской системы водоснабжения, так и из постороннего источника. Возможность объединения городской системы водоснабжения с производственной и степень их объединения зависят от технических и экономических факторов.

Система водоснабжения в процессе работы должна удовлетворять требованиям надежности и экономичности. Под этим следует понимать подачу воды в заданных количествах, требуемого качества и под требуемым напором с наименьшими затратами без нарушений работы систем водоснабжения, которые могут привести к неудовлетворению рассмотренных требований в течение определенного времени. Одним из показателей надежности функционирования системы может служить вероятность ее безотказной работы в течение рассматриваемого периода. Повышение надежности системы водоснабжения достигается осуществлением комплекса мер на стадии проектирования, строительства и эксплуатации. Применительно к рассмотренным выше схемам надежность работы

достигается устройством кольцевой сети вместо тупиковой, параллельной прокладкой нескольких водоводов (структурное резервирование), а также устройством резервуаров, содержащих аварийные запасы воды. Экономичность системы достигается принятием решений, обеспечивающих минимальные затраты средств на строительство и эксплуатацию при соблюдении необходимых параметров ее работы, а также требований надежности.

## **1.2 Характеристика систем водоотведения водохозяйственных объектов**

Под водоотведением понимается комплекс оборудования, сетей и сооружений, предназначенных для организованного приема и удаления по трубопроводам за пределы населенных пунктов или промышленных предприятий загрязненных сточных вод, а также для очистки и обезвреживания перед утилизацией или сбросом в водоем.

Существуют два вида систем водоотведения: вывозная и сплавная.

При организации вывозной системы водоотведения жидкие загрязнения собирают в специальные приемники (выгребы) и периодически вывозят автомобильным транспортом на поля ассенизации для обработки или в специальные места, согласованные с санитарными органами. Вывозную систему водоотведения устраивают лишь в небольших населенных пунктах, где применение другого вида водоотведения затруднено. Вывозная система водоотведения экономически нецелесообразна и не обеспечивает должного санитарного состояния территории.

При организации сплавной системы водоотведения сточные воды по подземным трубопроводам транспортируются на очистные сооружения, где они подвергаются интенсивной очистке преимущественно в искусственно созданных условиях, после чего сбрасываются в ближайшие водоемы.

Сплавная система водоотведения состоит из следующих основных элементов: внутренних канализационных устройств зданий, наружной



внутриквартальной и уличной канализационной сети, насосных станций и напорных трубопроводов, очистных сооружений и устройств для выпуска очищенных сточных вод в водоем.

Наружная уличная водоотводящая сеть представляет собой систему подземных трубопроводов, принимающих сточные воды от внутриквартальных сетей и транспортирующих их к насосным станциям, очистным сооружениям и в водоем.

Системы водоотведения строят преимущественно самотечными. Для этого всю водоотводящую территорию города или населенного пункта разделяют на бассейны водоотведения (территории, ограниченные водоразделами), где соответственно рельефу местности прокладывают самотечные трубопроводы уличной сети и коллекторы, т.е. участки водоотводящей сети, собирающие сточные воды с одного или нескольких бассейнов водоотведения (рис.1.3). В крупных городах с сильно развитой городской сетью коллекторы больших размеров нередко называют каналами.



Рисунок 1.3 – Схема системы водоотведения населенного пункта и промышленного предприятия

Коллекторы подразделяются на следующие виды:

а) коллекторы бассейнов системы водоотведения, собирающие сточные воды с отдельных бассейнов;

б) главные коллекторы, принимающие и транспортирующие сточные воды из двух и более коллекторов бассейнов водоотведения;

в) загородные коллекторы, отводящие сточные воды транзитом (без присоединения) за пределы объекта системы водоотведения к насосным станциям, очистным сооружениям или к месту из выпуска в водоем.

Трассировка коллекторов обычно осуществляется по пониженным участкам местности, что обеспечивает прокладку присоединяемых к ним вышележащих участков уличной сети на минимальной глубине.

Система водоотведения всегда должна быть доступна для осмотра, промывки и прочистки от загрязнения, поэтому на ней устраивают смотровые колодцы. Для приема атмосферных сточных вод предусматривают дождеприемники, представляющие собой круглые или прямоугольные в плане колодцы с металлической решеткой сверху.

Очистные станции предназначены для очистки сточных вод и переработки из осадка. Очистные сооружения следует располагать ниже по течению реки относительно водоотводящего населенного пункта или промышленного предприятия, благодаря сему исключается опасность загрязнения водоема в пределах канализуемого объекта. После очистки сточные воды через специальные устройства – выпуски сбрасывается в водоем.

При составлении системы водоотведения водохозяйственной сети необходимо учитывать ряд факторов:

а) конфигурацию и размеры водоотводящего объекта;

б) мощность и расположение близлежащих водоемов, которые могут служить местом сброса сточных вод после очистки;

в) рельеф местности;

г) грунтовые условия;

д) экономические и санитарные соображения и др.

Схемы системы водоотведения водохозяйственных комплексов могут быть централизованными, децентрализованными и региональными.

При **централизованной схеме** сточные воды всех бассейнов водоотведения направляют по одному или нескольким коллекторам на единственную для всего города очистную станцию, которая расположена по течению реки, ниже города. **Децентрализованные схемы водоотведения** применяют при водоотведении крупных городов в условиях как сильно пересеченного, так и очень плоского рельефа местности. В этом случае устраивают районную систему водоотведения с самостоятельными очистными сооружениями.

Для нескольких близко расположенных населенных пунктов и промышленных предприятий в промышленных и густонаселенных районах страны применяют **региональные схемы водоотведения**. В подобных схемах предусматривается одна очистная станция большой производительности вместо нескольких маломощных очистных сооружений. При такой схеме водоотведения снижаются капитальные и эксплуатационные затраты на очистку сточных вод, обеспечиваются защита открытых водоемов от загрязнений в пределах густонаселенной части региона и рациональное использование водных ресурсов.

В зависимости от того, как отводятся бытовые, производственные и атмосферные сточные воды – совместно или отдельно, системы водоотведения можно разделить на общесплавные, отдельные (полные или неполные) и полураздельные.

Под **общесплавной** понимается такая система водоотведения, при которой сточные воды всех видов отводятся к очистным сооружениям или в водоем по единой водоотводящей сети. При организации общесплавной системы водоотведения в период сильных дождей предусматривается сброс части сточных вод в водоем без очистки (ввиду незначительной концентрации загрязнений) через специальные устройства – ливнеспуски,

размещенные обычно на главном коллекторе вблизи водоема. Сбрасываемый расход сточных вод зависит от мощности водоема, санитарных и экономических соображений.

При **раздельной** системе водоотведения отдельные виды сточных вод отводятся по самостоятельным сетям. *Полная раздельная система водоотведения* имеет не менее двух сетей. В зависимости от вида транспортируемых сточных вод система водоотведения подразделяется на бытовую и дождевую. Если составы производственных и бытовых сточных вод аналогичны, то производственные воды отводят по бытовой водоотводящей сети. Нередко характер загрязнения производственных сточных вод таков, что совместная очистка их с бытовыми сточными водами невозможна. В этом случае устраивают самостоятельную сеть для транспортирования производственных вод. Единая сеть для отвода атмосферных и условно-чистых производственных сточных вод называется **производственно-дождевой**.

*Неполная раздельная система водоотведения* является промежуточной стадией строительства полной раздельной системы. При проектировании неполной раздельной системы дождевая сеть не устраивается. Отвод атмосферных вод в водоем осуществляется по открытым лоткам, кюветам и канавам.

При **полураздельной** системе водоотведения в местах пересечения самостоятельных водоотводящих сетей имеются водосбросные камеры для отвода различных видов сточных вод, позволяющие осуществлять перепуск наиболее загрязненных дождевых вод при малых расходах в бытовую сеть и отводить их по единому коллектору на очистные сооружения, при ливнях сбрасывать сравнительно чистые дождевые воды непосредственно в водоем.

Определенные преимущества с точки зрения санитарного состояния населенных пунктов имеет полураздельная система водоотведения, при которой сброс атмосферных вод в водоем осуществляется периодически (только при сильных дождях), что практически исключает загрязнение

водоема. Однако полураздельная система не получила широкого распространения вследствие высокой стоимости строительства.

В нашей стране наибольшее распространение получила полная раздельная система водоотведения. На промышленных предприятиях применяют общесплавные или раздельные системы. На рисунке 1.4 показаны схемы раздельной и полной раздельной системы водоотведения с местными (локальными) очистными сооружениями, предназначенными для предварительной очистки сточных вод.

Выбор той или иной системы и схемы водоотведения должен производиться на основе тщательного изучения состава и свойств сточных вод, их количества, а также всех конкретных условий проектирования, включая как санитарные, так и технико-экономические соображения.

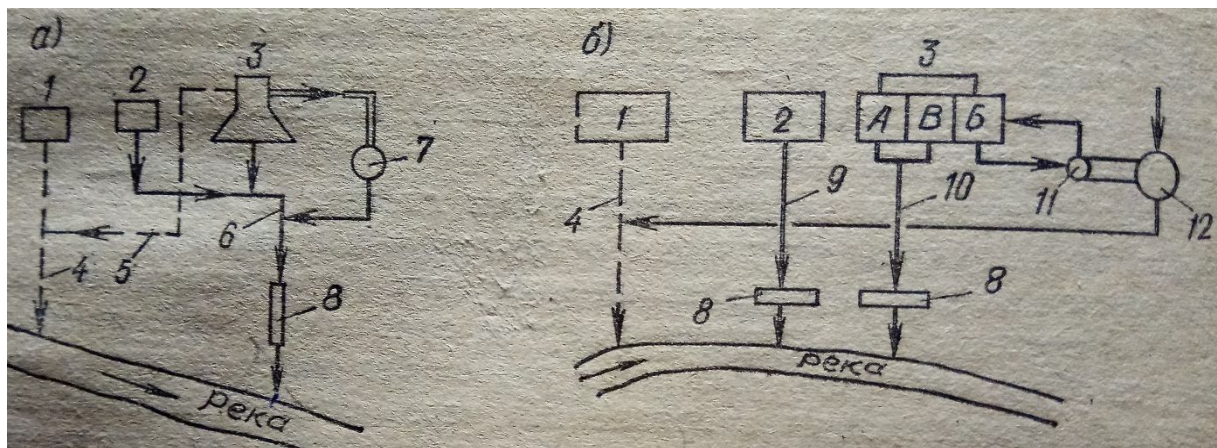


Рисунок 1.4 – Схема раздельной системы водоотведения:

- а – с местными (локальными) очистными сооружениями,
- б – с использованием сточных вод для оборотного водоснабжения;
- 1, 2, 3 – атмосферные, бытовые и производственные сточные воды;
- 4 – дождевая сеть; 5 – сеть условно-чистых вод;
- 6 – бытовая и производственная сеть; 7 – местные очистные сооружения;
- 8 – очистные сооружения; 9 – бытовая сеть;
- 10 – сеть загрязненных производственных вод; 11 – насосная станция;
- 12 – локальные очистные или охлаждающие сооружения

### ***Контрольные вопросы***

1. Приведите классификацию систем водоснабжения по виду потребителей воды.
2. Приведите классификацию систем водоснабжения в зависимости от схемы использования воды.
3. Приведите классификацию систем водоснабжения в зависимости от источника водоснабжения и способа подачи воды потребителям.
4. Назовите основные составляющие систем водоснабжения.
5. Охарактеризуйте особенности групповой системы водоснабжения.
6. Основные виды систем водоотведения водохозяйственных объектов.
7. Региональные системы водоотведения водохозяйственных объектов.

## **ТЕМА 2 САНАЦИЯ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

В настоящее время в передовых в технологическом отношении странах значительная часть требующих восстановления трубопроводов ремонтируется непосредственно под землей. Преимущества ремонта трубопроводов бестраншейным методом очевидны: затраты на ремонт снижаются более чем в 6–8 раз, производительность работ возрастает в десятки раз, сводится к минимуму воздействия на окружающую и городскую застройку.

Многообразие существующих методов санации трубопроводов бестраншейным способом можно разделить на три группы: ремонт, реставрация и реконструкция.

К бестраншейным технологиям ремонта можно отнести: локальный ремонт, инъекции и уплотнение. Они применяются в случае локальных повреждений.

К бестраншейным технологиям реставрации относятся: разбрызгивающие, входящие в группу «релейнинг», (т.е. замены футеровки) и монтажные. Их используют для реставрации каналов, которые характеризуются линейными повреждениями (например, в виде продольных трещин, коррозии, абразивного истирания лотковой части), которые образовались по всей длине канала между колодцами. Технологии реставрации применяются, если незначительное изменение поперечного сечения канала после реставрации удовлетворяет гидравлическим требованиям, которые предъявляются к канализационным трубопроводам. Другими словами, технологии реставрации являются методом восстановления технического состояния поврежденного трубопровода путем внедрения определенных конструктивных изменений с сохранением конструкции в целом.

Бестраншейные технологии реконструкции – это технологии, дающие возможность без вскрытия существующего канала ввести на его место новый с одинаковым или большим поперечным сечением. Старый канал ликвидируется или после его замены остается снаружи вставленного нового канала.

## **2.1 Бестраншейные технологии локальных ремонтов и уплотнения сетей водоснабжения и водоотведения**

### ***Бестраншейный ремонт локальных повреждений трубопроводов***

Для проведения локального ремонта в трубопроводах диаметром 150–800 мм используются роботы. Благодаря возможности подключения к ним различных приспособлений роботы могут выполнять множество операций – фрезерование, сверление, шлифование, удаление осадка, вырезание корней деревьев, инъектирование или нагнетание композитных растворов, выравнивание поверхности, полирование и укрепление конструкции покрытиями, которые робот доставляет к месту их нанесения.

Роботы вводятся в полость трубопровода через канализационные колодцы. За их работой наблюдает размещаемая поблизости камера.

Многие старые и поврежденные трубопроводы деформированы или имеют смещенные стыки. Эти повреждения могут быть исправлены с помощью восстановителя формы по бестраншейной технологии с использованием ТВ-роботов.

### ***Бестраншейное уплотнение неплотных соединений труб***

Эта операция чаще всего осуществляется с помощью технологий «Penetryn/Posatryn» или «Seal-i-Tryn». Пакер (устройство, которое втягивается) вместе с телекамерой, которая осуществляет наблюдение, и четырехпроходным шлангом вводится в трубопровод к месту неплотного соединения труб. Инъекция в полость соединения производится в средней части, которая находится между двумя уплотняющими пробками, расположенными с обеих сторон пакера. В процессе извлечения пакера избыток уплотняющей массы, используемой в инъекции, удаляется из канала трубы.

Эта технология используется в основном для уплотнения незначительных полостей, трещин и царапин. Она применяется при сечении труб от 150 мм и выше. Процесс уплотнения можно осуществлять на расстоянии до 150 м.

### ***Поверхностное упрочнение фрагментов трубопровода с недостаточной несущей способностью***

Иногда трубопровод повреждается на небольшом участке. Однако если это повреждение, например, трещина, коррозия или царапина, повторяется многократного на остальной длине трубопровода между колодцами, целесообразно провести укрепление дефектного фрагмента трубы методом KM-Part-Liner. Этот метод заключается во введении на поврежденное место трубы, после предварительной ТВ-инспекции и точных замеров дефектного участка, пакер соответствующей конструкции. Такой пакер имеет форму цилиндра с размещенной на внешней стороне резиновой пленкой, которая имеет возможность расширяться при закачивании под нее воздуха. Он устанавливается на поврежденный фрагмент трубы и за его положением наблюдает камера.

Перед введением в трубу пакера на поверхности резиновой пленки



размещают пропитанную эпоксидной смолой ткань из стекловолокна. При закачке воздуха под резиновую пленку последняя раздувается и прижимает ткань к поврежденному месту трубы. Избыток смолы из ткани проникает в дефект и поры поверхности трубы, заполняя их. Таким образом, тканевая заплата скрепляется с конструкцией поврежденной трубы. В таком положении просмоленная ткань твердеет. Через определенный промежуток времени, который зависит от выбранной рецептуры эпоксидной смолы, происходит полное отверждение тканевой заплаты (бандажа), основное предназначение которой является укрепление конструкции трубы. Затем воздух из резиновой пленки удаляют, её объём уменьшается, и пакер извлекают из канала трубы.

## **2.2 Реставрация внутренней поверхности трубопроводов**

### ***Длинный и короткий релайнинг***

Технология длинного релайнинга заключается во введении в поврежденный трубопровод новых труб, как правило, из полиэтилена. Релайнинг в переводе означает «протяжка». Различные фирмы используют свои методы протяжки. Метод «Swage-Lining» используется для реставрации напорных и безнапорных трубопроводов диаметром от 75 до 600 мм. Этим методом можно проводить восстановление достаточно длинных участков. Используются полиэтиленовые трубы, которые могут быть сварены вместе.

При методе «Swage-Lining» труба того же диаметра, что и старая, протягивается в поврежденную трубу через котлован.

Предварительно собранная плеть из полиэтиленовых труб пропускается через калибр, нагреваемый до температуры 100–120°С, где труба уменьшается на несколько сантиметров в диаметре, что облегчает процесс протяжки. Когда труба установлена в старом трубопроводе, в течение 24 часов происходит восстановление её первоначального диаметра и полное прижатие к внутренней поверхности трубопровода, при этом не образуется межтрубный зазор. В результате новая труба имеет тот же размер, что и старая, за вычетом толщины

используемого материала.

Введение трубы методом «Swage-Lining» выполняется с помощью головки для протягивания, которая закрепляется в начале новой трубы. Труба протаскивается вперед с помощью троса. Направляющий ролик в начале старой трубы контролирует введение новой трубы. Данный метод разработан фирмой British Gas и рекомендован для восстановления стальных, чугунных и асбестоцементных труб, поврежденных внешней и внутренней коррозией и имеющих дефекты в стыковых соединениях.

Кроме технологии «Swage-Lining» используется также технология Rolldown (для трубопроводов диаметром 50–500 мм). Она отличается от предыдущей только тем, что полиэтиленовый трубопровод подвергается только механической обработке в специально сконструированном устройстве, которое имеет валики для сжатия труб. После введения трубопровода в канал старого коллектора в его подают воду под давлением, благодаря чему труба возвращается к своему первоначальному диаметру.

К методу длинного релайнинга относится так называемый метод «труба-труба» (фирма Rer Aarsleff A/S Piper Technologies). В этом методе используются пластмассовые (полиэтиленовые, полипропиленовые, поливинилхлоридные) трубы длиной 10–12 м, которые свариваются в плетъ, она либо втягивается, либо вталкивается в поврежденный трубопровод. Для введения плети в старый трубопровод на начальном участке разрабатывается котлован. Перед ним на поверхности земли производится термическая сварка труб с усилением (например, нагретым «блином» со сжатием оплавленных концов), а затем обработка стыков (снятие стружки). В предварительно очищенный коллектор способом протяжки можно ввести плетъ труб диаметром до 1 м и длиной до 800 м. Межтрубный зазор заполняется цементно-песчаным раствором при помощи бетононасоса.

Желательно, чтобы поврежденный трубопровод не имел колен с углом более  $10^\circ$  и большого числа ответвлений.

В отличие от метода «Swage-Lining» метод «труба-труба» имеет

недостатки – необходимость заполнения межтрубного пространства и уменьшение поперечного сечения восстанавливаемого трубопровода. Однако снижение шероховатости внутренней поверхности трубопровода за счёт применения пластмассовых труб несколько компенсирует уменьшение сечения. При этом пропускная способность трубопровода снижается незначительно.

Альтернативой технологии длинного релейнинга является короткий релейнинг. В системе короткого релейнинга существует много способов внедрения коротких отрезков труб в поврежденный трубопровод. Например, в предварительно выкопанной траншее можно сваривать трубы, длина которых меньше длины этой траншеи, а затем с помощью троса перетягивать их до следующего канализационного колодца.

Начальную траншею можно и не отрывать, а короткие отрезки труб опускать на дно существующего канализационного колодца и соединять их между собой, например, скручивая с уже установленной в трубопровод трубой. Далее, как в предыдущем случае, перетягивать в следующий колодец. Введенные отрезки труб можно также проталкивать с помощью домкрата.

После введения труб свободный промежуток между новым трубопроводом и существующим каналом заполняется либо специальным наполнителем, либо цементно-песчаным раствором. Он предохраняет от обвалов поврежденный трубопровод и вместе с вновь установленным трубопроводом и старым каналом создает единый трехслойный элемент, который обеспечивает равномерное окружение трубопровода, защищает его от проникновения в межтрубный зазор грунтовых вод, компенсирует возможные температурные влияния, заполняет полости и пустоты вокруг старого трубопровода, которые часто возникают вследствие вымывания грунта при протечках. Наиболее часто короткий релейнинг называют методом ВИП-лайн. Несмотря на кажущуюся простоту, этот метод не нашёл широкого применения. Основной фактор, сдерживающий использование метода, – значительное уменьшение внутреннего диаметра существующего трубопровода, поскольку для этого метода требуются трубы с толстыми стенками, чтобы на их концах можно было нарезать резьбу для

соединения.

Использование методов длинного и короткого релайнинга позволяет применение универсальных труб ДИО и Spiro финского акционерного общества KWH Pipe. Трубы этого вида изготавливаются из полиэтилена высокой плотности. Трубы ДИО имеют гофрированную оболочку, гладкую внутреннюю поверхность и наружный диаметр от 110 до 315 мм, выпускаются длиной 6 и 8 мм. Трубы Spiro выпускаются наружным диаметром 400–3360 мм.

Большой диаметр труб, их высокая прочность, жесткость и химическая стойкость позволяют изготавливать из них и колодцы.

Стыковка труб может осуществляться различными способами: термо- и экструзионной сваркой, которые обеспечивают получение шва, удовлетворяющего требованиям прочности и герметичности. В этом случае возможна протяжка плети труб в реконструируемый канал трубопровода. Короткий релайнинг осуществляет при стыковке труб с помощью резьбовых соединений или с помощью муфт.

### ***Реставрация с помощью ребристых лент***

Эта технология состоит во введении внутрь поврежденного трубопровода спирально скрученной трубы из профилированной полихлорвиниловой ленты. Чаще всего для этой технологии используются методы Rib-Loc и Ersag. Запатентованный бесконечный пластмассовый профиль изготавливается длиной до 5000 м. Процесс наматывания трубы осуществляется с помощью устройства, устанавливаемого по оси трубопровода внутри колодца. Процесс намотки происходит непрерывно от одного колодца к другому. При благоприятных условиях скорость образования трубы из профилей составляет около 1 м/мин.

За одну операцию санирования может быть пройден отрезок трубопровода длиной до 200 м. После процесса наматывания оставшееся свободное кольцевое пространство между дефектной канализационной трубой и полихлорвиниловой спиральной трубой забивается специальным составом для повышения статической прочности. Методом Ersag изготавливаются трубы диаметром 200–600 мм, которые можно ввести в поврежденный трубопровод на длину до

100 м. Методом Rib-Loc изготавливаются трубы диаметрами 90–2500 мм.

Реставрация трубопроводов ребристыми лентами может быть осуществлена по технологии Rib-Loc Expanda. Она заключается во внедрении в дефектный трубопровод трубы, выполненной из профильной ленты диаметром около 70 % от диаметра коллектора с последующим расширением ее изнутри до размера диаметра коллектора так, чтобы лента касалась ребрами профилей поверхности старого трубопровода. После этого производится заделка межреберного пространства новой трубы с помощью эпоксидной композиции.

### **2.3 Реставрация с помощью отвердевающих полимерных пленок («метод чулка»)**

Технологии, которые входят в эту группу, заключаются во введении в трубопровод пленки из смолы, которая после прогрева, например, горячей водой или горячим воздухом, постепенно твердеет и одновременно прижимается к старой конструкции канала.

В технологии Insituform используют пленку из игольчатого волокна. Чаще всего это волокно из полиэстера, на 85 % наполненное воздухом, а на 15 % – полиэстеровыми волокнами. С внешней стороны пленки имеется слой из ПВХ толщиной не менее 0,25 мм, который после выворачивания «чулка» появляется с внутренней стороны трубы. Толщина пленки от 3 до 42 мм. Пленка изготовлена таким образом, что ее внешний диаметр несколько меньше внутреннего диаметра трубопровода. Чаще всего волокно в заводских условиях пропитано полиэстеровой смолой, с помощью воды в месте проведения ремонтных работ пленку под давлением вводят в трубопровод. Этот метод известен еще под названием «метод чулка».

«Чулок» под гидростатическим давлением воды (0,5–0,7 атм) разворачивается, находит свой путь в трубопроводе, проходит через коленчатые патрубки с углом до 90°. В тех местах, где соединения труб смещены относительно друг друга, «чулок» создает плавный переход. В тех местах, где

участки полностью отсутствуют провалы, «чулок» находит свой собственный путь при наличии прохода в трубе. Под гидростатическим напором воды, которая расправляет в рукав и плотно прижимает его к внутренней поверхности старой трубы, можно реконструировать участок длиной до 300 м. Одновременно со своим продвижением по трубопроводу рукав протягивает термостойкий шланг диаметром 80–100 мм, необходимый для циркуляции горячей воды по всей длине ремонтируемого трубопровода. После установки рукава в нужное положение его присоединяют к напорному патрубку бойлерной установки или теплогенератора и начинают нагрев рукава горячей водой до температуры 60–80 °С.

Процесс полимеризации «чулка» длится от 8 до 16 часов, в зависимости от длины и диаметра восстанавливаемого участка. Заключительной операцией восстановления канализационного коллектора является изготовление лотковой части смотровых колодцев и окончательный контроль качества выполненных работ с помощью видеосъемки. Производительность реконструкции методом «чулка» достигает 300 м/сут. Метод «чулка» является идеальным для реконструкции всех типов трубопроводов с диаметрами от 75 до 3000 мм, круглого, овального или квадратного сечения.

На сегодняшний день существует множество разновидностей технологии Insituform, которые отличаются друг от друга способами введения чулка, отверждения пленки, диапазоном применения в зависимости от поперечного сечения ремонтируемых трубопроводов, возможностями использования максимальной длины «чулка» и видом материала пленки «чулка».

Размещение рукава в трубопроводе является одной из наиболее ответственных операций технологического процесса реконструкции трубопроводов методом «чулка». Технологическая операция особенно осложняется при ремонте длинных (более 100 м) участков трубопроводов больших диаметров (более 400 мм). Наиболее простым и доступным методом размещения рукавной заготовки является ее прямое протаскивание в ремонтируемый трубопровод при помощи лебедки.

В этом случае армирующий материал, пропитанный полимерным связующим, должен быть защищен герметичной оболочкой от контакта с внутренней поверхностью ремонтируемого трубопровода. Внешняя пленочная оболочка рукава, во-первых, предотвращает прямой контакт рабочего персонала с полимерным связующим в процессе работы с рукавной заготовкой, а во-вторых, значительно снижает усилия протягивания комбинированного рукава при его размещении.

Если при ремонте канализационных трубопроводов наличие разделительного слоя между старым трубопроводом и «чулком» не оказывает существенного влияния на работоспособность последнего, то при восстановлении трубопроводов, работающих под давлением, требуется надежное соединение ремонтного покрытия с внутренней поверхностью труб.

Такое соединение можно обеспечить в процессе формования ремонтного покрытия из пропитанного связующим веществом армирующего материала при непосредственном его контакте с хорошо очищенной и просушенной внутренней поверхностью ремонтируемого трубопровода. Поэтому метод «протаскивания» рукавной заготовки, предусматривающий наличие разделительного слоя между пропитанным связующим компонентом, армирующим материалом и внутренней поверхностью трубопровода, не может быть использован при ремонте влажных трубопроводов по методу «чулка». Кроме того, «протаскивание» имеет и другие ограничения, которые определяются, прежде всего, массой рукава. Например, масса рукавной заготовки для ремонта канализационного трубопровода диаметром 600 мм и длиной 100 м составляет около 3500 кг, и при протаскивании тяжелого рукава в нем возникают напряжения, сопоставимые с пределом разрывной прочности армирующего материала. Поэтому метод «протаскивания» используют при ремонте относительно коротких (не более 70 м) участков канализационных трубопроводов диаметром не более 400 мм.

Для размещения тяжелых длинных комбинированных рукавов больших диаметров, а также для обеспечения надежного клеевого соединения рукава с внутренней поверхностью трубопровода используется метод выворота

двухслойной рукавной заготовки в ремонтируемый трубопровод. Комбинированный рукав в этом случае представляет собой двухслойную структуру, состоящую из пропитанного связующим компонентом армирующего материала с внешним термопластичным покрытием. При вывороте такого рукава происходит его продвижение внутрь ремонтируемого трубопровода. Армирующий материал вступает в непосредственный контакт с внутренней поверхностью трубопровода, а внешнее герметичное покрытие оказывается внутри заготовки, предотвращая прямой контакт связующего с теплоносителем. Осуществить выворот комбинированного рукава можно как при помощи троса, так и давления жидкой или газовой среды.

Более перспективным оказалось размещение рукавной заготовки в трубопроводе методом выворота давлением газовой или жидкой среды. Технологически осуществить «гидровыворот» комбинированного рукава значительно проще, чем вывернуть его сжатым воздухом. При ремонте канализационных трубопроводов используют сравнительно мягкие, на основе синтетического войлока, комбинированные рукава. Поэтому для выворота такой заготовки достаточно небольшого гидростатического давления.

Это давление создается столбом воды, высота которого определяется глубиной смотрового колодца  $h_1$  и высотой эстакады  $h_2$ , на вершине которой крепится один из концов комбинированного рукава. Для размещения рукавной заготовки обычной структуры длиной до 300 м достаточно – гидростатического давления 5–7 м водного столба.

При ремонте напорных трубопроводов применяются армирующие материалы на основе стеклотканей, пропитанных термопластичным материалом. Рукава такой структуры более жесткие и для их выворота требуется большее давление. Кроме того, необходимо тщательное обезвоживание их внутренней поверхности, поэтому применение гидровыворота в данном случае противопоказано. При ремонте трубопроводов, работающих под давлением, размещение комбинированного рукава осуществляют пневмовыворотом.

Для его осуществления требуется более сложное технологическое



оборудование, главным из которых является барокамера, в которой размещается комбинированный рукав. Такое оборудование не только дорогостоящее, но и требующее специального лицензирования.

Метод размещения рукавной заготовки «выворотом» имеет ограничения. При ремонте сильно разрушенных трубопроводов требуются комбинированные рукава специальной структуры.

Жесткость таких рукавов может быть очень высокой и вывернуть их даже большим давлением удастся не всегда.

С целью расширения области применения метода «чулка» фирмой «Insituform» предложен новый способ размещения комбинированного рукава в ремонтируемом трубопроводе. Способ, объединяющий в себе традиционное протаскивание и выворот, заключается в следующем. Основной комбинированный рукав соединяется с предоблицовочным (вспомогательным) рукавом, изготовленным из герметичного материала – специально обработанной синтетической ткани. При гидровывороте такого рукава внутри него образуется полость, заполненная водой, в которую с помощью вспомогательного рукава за счет действующего на него гидростатического давления протаскивается основной комбинированный рукав.

Движение последнего осуществляется в водной среде, и рукавная заготовка как бы плавает в трубопроводе, не подвергаясь механическим нагрузкам. Главным преимуществом данного способа является возможность размещения в ремонтируемой трубе жестких комбинированных рукавов повышенной прочности.

Вспомогательный рукав необходим лишь на стадии размещения рукавной заготовки в трубопроводе, поэтому его стоимость должна быть минимальной. В то же время рукав для выворота должен быть достаточно прочным, чтобы выдерживать не только действие сравнительно большого гидростатического давления, но и усилие, необходимое для протягивания заготовки ремонтируемого покрытия.

В этом случае вспомогательный рукав выполняет только функции

выворачиваемой оболочки, создающей жидкую среду, обеспечивающую легкое скольжение рукавной заготовки.

Применение лебедки не только разгружает вспомогательный рукав на величину усилия протягивания, но и облегчает его выворот, для которого в этом случае требуется меньшее гидростатическое давление, а, следовательно, отпадает необходимость в громоздких сооружениях, создающих необходимую высоту водяного столба. Как показывает практика, для осуществления этого способа размещения рукавной заготовки достаточно высоты столба жидкости, не превышающего глубину смотрового колодца, а сами вспомогательные рукава можно изготавливать из более дешевых материалов.

Наиболее широкое распространение получил способ ремонта трубопроводов с использованием гибкого комбинированного рукава, представляющего собой трехслойную структуру, состоящую из армирующего материала, пропитанного полимерным связующим и заключенного между оболочками из термопластичных пленок.

Одной из наиболее ответственных операций технологического процесса изготовления комбинированного рукава является пропитка армирующего материала термореактивным связующим (полиэфирным, эпоксидным и др.).

Предложен метод изготовления комбинированного рукава, позволяющий добиться практически равномерной пропитки армирующего материала как по длине, так и по периметру покрытия, а также до минимума снизить непроизводительные потери связующего. Для пропитки использована композиция на основе стиролсодержащей полиэфирной смолы с использованием в качестве инициатора отверждения органической перекиси, а ускорителя отверждения – нафтената кобальта. В качестве армирующего материала предлагается многослойный рукав, состоящий из двух слоев ровинговой стеклоткани ТР-0,7 и одного слоя синтетического войлока. Толщина такого комбинированного покрытия составляет около 6 мм, а оптимальное относительное объемное содержание связующего в композите – 80 %.

Суть метода изготовления рукава заключается в следующем: в заготовке

комбинированного рукава, представляющего собой рукавный армирующий материал и внешнюю термопластичную оболочку, по всей ее длине размещают «рукав-емкость».

После заполнения «рукава-ёмкости» на заданную длину заглушенный его конец открывают и производят вытягивание с одновременным выдавливанием связующего. В процессе извлечения «рукава-ёмкости» произойдет равномерное распределение связующего внутри армирующего рукава по всей длине заготовки. Для полной пропитки армирующего материала осуществляется отжим заготовки специальным механизированным приспособлением, представляющим собой обрезиненные прижимные валки с приводом, размещенным на раме с колесами. Вращаясь, валки пропускают между собой заготовку, одновременно обеспечивая движение всего приспособления по длине пропитываемого рукава.

После прохождения заготовки через валковое устройство в случае ремонта канализационных трубопроводов необходимо ввести внутрь пропитанного армирующего материала термопластичный плёночный рукав. Последний предотвращает контакт пропитанного армирующего материала с теплоносителем (пар, горячая вода), если рукав размещается в ремонтируемом трубопроводе методом «протаскивания» или с влагой на поверхности трубопровода – в случае размещения комбинированного рукава в нем методом «выворота».

При размещении внутреннего термопластичного рукава внутри заготовки методом пневматического «выворота» происходит дополнительное выравнивание содержания связующего материала и окончательная пропитка на всю глубину армирующего материала.

Полимеризация внутреннего ремонтного покрытия осуществляется горячим водяным паром при давлении  $0,5 \text{ кг/см}^2$  и температуре  $100^\circ \text{C}$  в течение 3 часов.

## **2.4 Реставрация трубопроводов методом Flexoren**

Метод Flexoren получил широкое применение среди прочих способов

восстановления канализационных трубопроводов небольшого диаметра (до 300 мм), поскольку он достаточно прост, не требует сложного и дорогостоящего оборудования, а темпы восстановления высоки. Большая популярность этого метода вызвана использованием гибких труб фирмы «Uponor».

Труба этой фирмы представляет собой двухслойную конструкцию, состоящую из наружной гофрированной и внутренней – гладкой составляющей.

Специальные муфтовые соединения либо заводской нагревательный элемент, которым снабжен один из концов трубы, позволяют соединять или сваривать отдельные секции в плетъ необходимой длины прямо на месте производства работ.

Трубы обладают высокой механической прочностью и имеют радиус изгиба 3 диаметра, что позволяет монтировать их с поверхности земли через люк колодца.

В старую, предварительно очищенную трубу, с помощью лебедки протаскивают полимерную трубу. Межтрубный зазор заделывается цементно-песчаным раствором. Одним из недостатков метода является заметное уменьшение (на 10–15 %) внутреннего диаметра трубопровода после ремонта.

#### ***Реставрация с помощью полиэтиленового гибкого облицовочного материала с анкерными ребрами***

Эта технология более известна под названием Trolining либо Sure Grip и позволяет реставрировать канализационные трубопроводы диаметром 400–3000 мм, которые имеют специфический профиль, например, шатровый или овальный канал.

Облицовочным материалом обычно является полиэтиленовая или пропиленовая пленка толщиной 2–5 мм с анкерными выступами, которые образуются в процессе изготовления этого материала. В результате между пленкой и анкерами нет сварного соединения, которое ослабляло бы прочность облицовочного материала. В заводских условиях пленка сваривается в виде рукава длиной до 100 м, наматывается на барабаны многоразового использования и в таком виде поставляется потребителям.

При облицовке эластично деформированный рукав с помощью вытягивающего устройства на месте ремонтных работ вводят через существующие канализационные колодцы в поврежденный трубопровод. После этого рукав закрывают с двух сторон (между колодцами) резиновыми пробками и наполняют водой. Под действием давления воды форма рукава восстанавливается до формы поперечного сечения канала трубопровода.

Благодаря незначительной толщине облицовочного материала по периметру между стенкой трубопровода и облицовочной пленкой образуется узкий промежуток шириной 2–3 см и получается незначительное уменьшение поперечного сечения.

Давление воды при облицовке поддерживается в рукаве не менее 24 часов. Все это время контролируется герметичность рукава (чтобы удостовериться, что рукав не получил повреждений во время транспортировки, намотки и размотки с барабана), и только после этого полость между облицовочной пленкой и старым трубопроводом заполняют специальной инъекционной композицией, слой которой должен соответствовать высоте анкерных выступов.

После отверждения инъекционная масса имеет прочность, которая соответствует прочности бетона марки 400.

### ***Реставрация путем напыления покрытия***

Примером этой технологии служит технология Twin-Line. Она применяется в трубопроводах круглого поперечного сечения диаметром 150–600 мм. Вследствие напыления полиуретана на внутреннюю поверхность канала образуется новая труба толщиной от 5 до 14 мм (в зависимости от размера поперечного сечения реставрируемого трубопровода).

Такая технология позволяет выполнить восстановление сразу 100-метрового участка трубопровода, и применяются для самотечных и напорных коллекторов.

Технология Twin-Line осуществляется с помощью пульверизатора, к которому по двум трубопроводам подаются смола и отвердитель. С помощью лебедки пульверизатор вводят в ремонтируемый трубопровод через колодец.

В пульверизаторе смола смешивается с отвердителем, после чего под давлением наносится на внутреннюю поверхность трубопровода. Уже приблизительно через 60 секунд пленка полиуретанового покрытия приобретает 90 % своей конечной прочности. К пульверизатору прикрепляется резиновый баллон, который при перемещении последнего выравнивает и выглаживает поверхность. За выполнением работ можно наблюдать с помощью видеокамеры. Технология используется в бетонных и железобетонных трубопроводах, частично поврежденных изнутри коррозией.

### ***Санация металлических трубопроводов с помощью цементно-песчаной облицовки***

Металлические трубопроводы в системе канализации Украины – довольно распространенное явление. Стальные трубопроводы, канализации, работающие в напорном режиме, имеют степень надежности, аналогичную водопроводам.

Наиболее надежными и проверенными в мировой и отечественной практике эксплуатации стальных трубопроводов водоснабжения и канализации являются цементно-песчаные покрытия, наносимые методом центробежного набрызга на внутренние поверхности труб. Такие покрытия, а также технология и оборудование для их нанесения одинаково успешно применяются как при новом строительстве (в полевых и базовых условиях), так и на действующих трубопроводах.

При облицовке трубопроводов со значительной степенью износа достигается нормативная герметизация свищей и неплотных стыковых соединений, что позволяет отказаться от необходимости перекладки ветхих труб и в кратчайшие сроки восстановить их работоспособность.

Оборудование позволяет производить обработку труб с длиной ремонтных участков до 180 м в широком диапазоне диаметров: от 100 до 2000 мм. Защитный слой цементно-песчаного покрытия, наносимый методом центробежного набрызга с помощью пневморотационных облицовочных машин с одновременным последующим заглаживанием, имеет гладкую поверхность и равномерную толщину, которая в зависимости от диаметра труб составляет

4–16 мм.

Комплект оборудования для санирования трубопроводов с помощью цементно-песчаной облицовки включает:

- агрегат для приготовления и подачи цементно-песчаного раствора, в составе которого имеются растворосмеситель и растворонасос производительностью 20–80 (160) л/мин, и рабочим давлением до 60 кг/см<sup>2</sup>;
- резиноканавые рукава диаметром 38 или 50 мм на давление 40 (60) кг/см<sup>2</sup> с быстроразъемными соединениями;
- лебедку с тяговым усилием до 2,2 т, которая имеет одну передачу с бесступенчатым регулированием скоростей в диапазоне 0,6–6,0 м/мин. для перемещения облицовочных машин и вторую передачу со скоростью намотки каната 18 м/мин для выполнения работ по очистке;
- технологическую лебедку для возврата каната при очистке трубопровода;
- устройство для первоначального прохода ремонтных участков труб;
- облицовочные пневморотационные машины в комплекте с заглаживающими конусами для труб диаметром 100–700 мм, а также с заглаживающими лопатками для труб диаметром 800–2000 мм;
- скребки для механической очистки внутренней поверхности труб и обрезиненные поршни для извлечения из них загрязнений;
- направляющие блоки, ролики и другую технологическую оснастку.

Способ нанесения цементно-песчаного покрытия на внутреннюю поверхность ремонтируемого трубопровода заключается в том, что на очищенную поверхность трубопровода посредством воздушной турбины наносится цементно-песчаная смесь.

К достоинствам метода следует отнести его технологическую простоту и относительно низкую стоимость ремонтных работ. Из недостатков метода можно отметить, прежде всего, сравнительно продолжительный (от 3 до 5 суток) технологический цикл. Кроме того, способ не может быть использован для восстановления разрушенных трубопроводов.

## **2.5 Методы замены существующих трубопроводов с возможностью увеличения их поперечного сечения**

### ***Технология демонтажа трубопровода и замены его новым***

Замену существующего трубопровода новым - одинакового или большего диаметра - можно осуществить, используя технологии Berstlining, Berstverfahren, Pipo-Bursting, Pim-Berstlining. Эти технологии позволяют заменять трубы из различных материалов: стали, чугуна, асбестоцемента, полихлорвинила, керамики, бетона полиэтиленовыми, стальными и другими.

Этот метод удобно применять в тех случаях, когда доступ к канализационным трубопроводам затруднен из-за большой глубины залегания, сплошного крепления или проблем, связанных с движением транспорта.

В данном методе основным оборудованием, которое разрушает старую трубу и устанавливает новую, является пневмопробойник (подземная русская ракета).

Лебедка, соединенная тросом с пневмопробойником, является вспомогательной и предназначена только для организации направленного движения пневмопробойника. В противном случае пневмопробойник может отклониться от оси старой трубы и уйти в сторону, в грунт.

Применение этого метода позволяет отремонтировать участки канализационной сети, имеющей небольшие провалы и смещение труб относительно друг друга (до 0,25Д). В тех случаях, когда участок трубопровода имеет большие провалы, восстанавливать их указанным методом не удастся, и в этих местах приходится проводить локальную раскопку трубы и проводить ее замену традиционным способом.

При замене чугунных, бетонных, асбестоцементных и керамических труб, участки трубопроводов длиной до 120 м можно реконструировать за один день. Размеры вводимых новых напорных трубопроводов от 50 до 315 мм, канализационных самотечных трубопроводов – от 100 до 600 мм.



### ***Технология устранения старого трубопровода и грунта вокруг него***

Эта технология известна под названием Pipe eating, Uberfahren и состоит в прохождении через существующий канал щитового комплекса большего диаметра, чем существующий трубопровод, его разрушении и внедрении вместо него нового, большего сечения. Фрагменты разрушенного старого трубопровода и грунта вокруг него удаляются гидравлическим способом к траншее на входном котловане.

### ***Реконструкция ответвлений трубопроводов***

В зависимости от вида повреждения ответвления канала могут ремонтироваться с помощью любого из вышеприведенных способов.

В настоящее время фирма Per Aarsleff A/S/Pipe Technologies разработала метод реконструкции ответвлений (подключений) трубопроводов. Ответвления можно реконструировать таким же способом, что и магистральные трубопроводы. «Чуллок» Insituform в мягком состоянии вводится в поврежденный трубопровод, а затем вулканизируется.

Основным элементом метода реконструкции ответвлений является пропитанный смолой полимерный чулок так называемого «шляпного» профиля.

Он изготавливается на заказ и поэтому в точности соответствует реконструируемому трубопроводу.

«Шляпный» профиль вводится в магистральный трубопровод. Затем перемещается к отверстию ответвления с помощью телевизионной камеры и лазерного луча. Перед вводом чулка в ответвление его нижний участок, «поля», присоединяется к магистральному трубопроводу вокруг отверстия ответвления.

Затем «тулья шляпы» в мягком состоянии вводится в ответвление под напором воды и вулканизируется по технологии Insituform (горячей водой или паром).

Самой новой технологией данного вида является реконструкция выпусков от магистрального коллектора до здания (в зарубежной практике домовые выпуски часто присоединяются прямо к уличному коллектору, без установки колодца в месте подключения).

## **2.6 Анализ технологических показателей способов бестраншейного восстановления трубопроводов**

Из многообразия существующих методов санации трубопроводов бестраншейным способом проанализируем некоторые, получившие наибольшее распространение в мировой практике:

- нанесение цементно-песчаного покрытия на внутреннюю поверхность труб;
- использование пневмопробойника для создания нового полимерного трубопровода на месте старого канала;
- использование гибкого рукава («чулка»), позволяющего формировать новую композитную трубу внутри старой;
- длинный релайнинг, заключающийся в протаскивании относительно гибкой полимерной трубы внутри старого ремонтируемого трубопровода;
- использование рулонной пластмассовой бесконечной профильной ленты («Expanda-Pipe»), т. е. создание новой полимерной трубы внутри старой при помощи обмоточной машины.

Каждый из вышеперечисленных способов бестраншейного восстановления трубопроводов имеет свои достоинства и недостатки. Одни способы (цементно-песчаные покрытия, пневмопробойники) известны сравнительно давно и получили широкое распространение; другие (Rib-Log; Expanda-Pipe) разработаны недавно и только начинают завоевывать свое признание. Целесообразность использования того или иного способа определяется отдельно в каждом конкретном случае и зависит от множества факторов, главными из которых являются: состояние трубопровода, его размеры, вид транспортируемой среды, окружающая подземная инфраструктура.

В нашей стране наблюдается заметное отставание от передовых стран, как в техническом уровне, так и в объемах работ, проводимых по новым технологиям.

Наиболее широкими возможностями обладает метод ремонта

трубопроводов с использованием комбинированного рукава. Этот технологический принцип позволяет ремонтировать локальные повреждения глубоко внутри трубопровода, санировать боковые ответвления и вертикальные стволы. Подбирая структуру комбинированного рукава, можно восстанавливать трубопроводы различного назначения. Широкий выбор армирующих материалов позволяет создавать ремонтные покрытия с прочностью на уровне чугуна и стали. К сожалению, в нашей стране в ближайшем будущем трудно ожидать широкого распространения этого перспективного метода санации трубопроводов, поскольку закупка и освоение запатентованных технологий – дело дорогостоящее.

Поэтому нашим практикам предстоит решать задачу восстановления трубопроводов аналогичными, но более дешевыми отечественными способами.

### ***Контрольные вопросы***

1. Санация систем водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов.
2. Бестраншейный ремонт локальных повреждений трубопроводов.
3. Бестраншейное уплотнение неплотных соединений труб.
4. Поверхностное упрочнение фрагментов трубопровода с недостаточной несущей способностью.
5. Длинный и короткий релейнинг.
6. Реставрация с помощью ребристых лент.
7. Реставрация с помощью отвердевающих полимерных пленок («метод чулка»).
8. Реставрация трубопроводов методом Flexoren.
9. Реставрация с помощью полиэтиленового гибкого облицовочного материала с анкерными ребрами.
10. Реставрация путем напыления покрытия.
11. Санация металлических трубопроводов с помощью

цементно-песчаной облицовки.

12. Технология демонтажа трубопровода и замены его новым.

13. Технология устранения старого трубопровода и грунта вокруг него.

14. Реконструкция ответвлений трубопроводов.

15. Анализ технологических показателей способов бестраншейного восстановления трубопроводов.

### **ТЕМА 3 СТРУКТУРА И ОРГАНИЗАЦИЯ ДИСПЕТЧЕРСКОЙ СЛУЖБЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

#### **3.1 Основные задачи диспетчеризации и структура диспетчерской службы**

Для обеспечения надежной и бесперебойной эксплуатации водохозяйственных объектов необходима четкая координация и взаимная увязка отдельных составляющих элементов этих систем. Для этого применяется единая централизованная система управления, обеспечиваемая диспетчерской службой (ДС).

Диспетчеризация – это централизация (концентрация) оперативного управления и контроля в руках одного человека – диспетчера – для согласования работы отдельных звеньев, составляющих общий производственный комплекс сетей и сооружений. В зависимости от степени автоматизации диспетчерского управления все объекты систем водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов могут быть разделены на три группы:

- полностью автоматизированные без диспетчерского управления агрегатами;

- полностью автоматизированные с дублированием управления основными агрегатами с диспетчерского пункта;
- с частичной автоматизацией и диспетчерским управлением основными агрегатами (возможно и неавтоматизированное диспетчерское управление).

В соответствии со схемой систем водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов, их технологическим процессом диспетчерская служба может быть:

- одноступенчатой, при которой имеется районный диспетчерский пункт (РДП), оперативно управляющий работой как всех сооружений и агрегатов, входящих в систему, так и сетью;
- двухступенчатой – с центральным диспетчерским пунктом (ЦДП) и местными диспетчерскими пунктами (МДП); местные диспетчерские пункты ведают работой отдельных сооружений, а ЦДП координирует работу МДП;
- трехступенчатой, включающей ЦДП, районные диспетчерские пункты РДП, управляемые ЦДП и МДП, находящиеся в ведении РДП.

Выбор схемы диспетчеризации зависит от местных условий и определяется схемой и масштабами водоснабжения и канализации. Одноступенчатую схему диспетчеризации применяют в городах с малой протяженностью сетей водоснабжения и канализации (до 50 км), двухступенчатую – в городах с большой протяженностью сетей. При протяженности сети 50–400 км организуются ЦДП и местные диспетчерские пункты головных и других сооружений (МДППС). При протяженности более 400 км организуются местные диспетчерские пункты сети МДПС. Они располагаются обычно в центре отдельных районов водопроводной сети города. В их задачу входят управление распределением потоков воды в зависимости от давления и контроль за давлением во всей сети данного района.

ЦДП располагается в центре системы, например, водоснабжения, или на территории головных сооружений. Он оперативно управляет работой всех

МДП, входящих в систему. МДП головных сооружений располагается на территории головных сооружений и осуществляет управление и контроль за работой насосных станций (первого и второго подъема) и очистных сооружений, а также за уровнем воды в резервуарах чистой воды.

В двухступенчатую схему диспетчерского управления водохозяйственных объектов крупного города, кроме ЦДП, обычно входят МДП районных насосных станций перекачек сточных вод и сети, а также МДП главной насосной станции и очистных сооружений. Трехступенчатая схема диспетчерской службы применяется в исключительных случаях для особо крупных городов и сложных систем водоснабжения, канализации.

Общая схема организации диспетчерской службы (ДС) показана на рисунке 3.1. В последние годы внедрены автоматизированные системы управления (АСУ) на водохозяйственных объектах. В АСУ применяются современные автоматические средства обработки данных с помощью компьютеров, позволяющих регистрировать, накапливать и отображать информацию и при помощи экономико-математических методов решать основные задачи управления.

Разновидностью АСУ является автоматическая система управления технологическими процессами (АСУТП), которая предназначена для повышения эффективности управления основной деятельностью объектов водоснабжения и канализации. Эта задача осуществляется путем оперативного контроля технологических режимов подъема воды, ее обработки, подачи и распределения или водоотведения и оптимального управления этими процессами с использованием средств вычислительной техники.

Общим критерием системы управления является минимум эксплуатационных затрат на обработку воды при выполнении заданных требований на качество очищаемой воды, бесперебойное обеспечение потребителей водой питьевого качества и водоотведение.

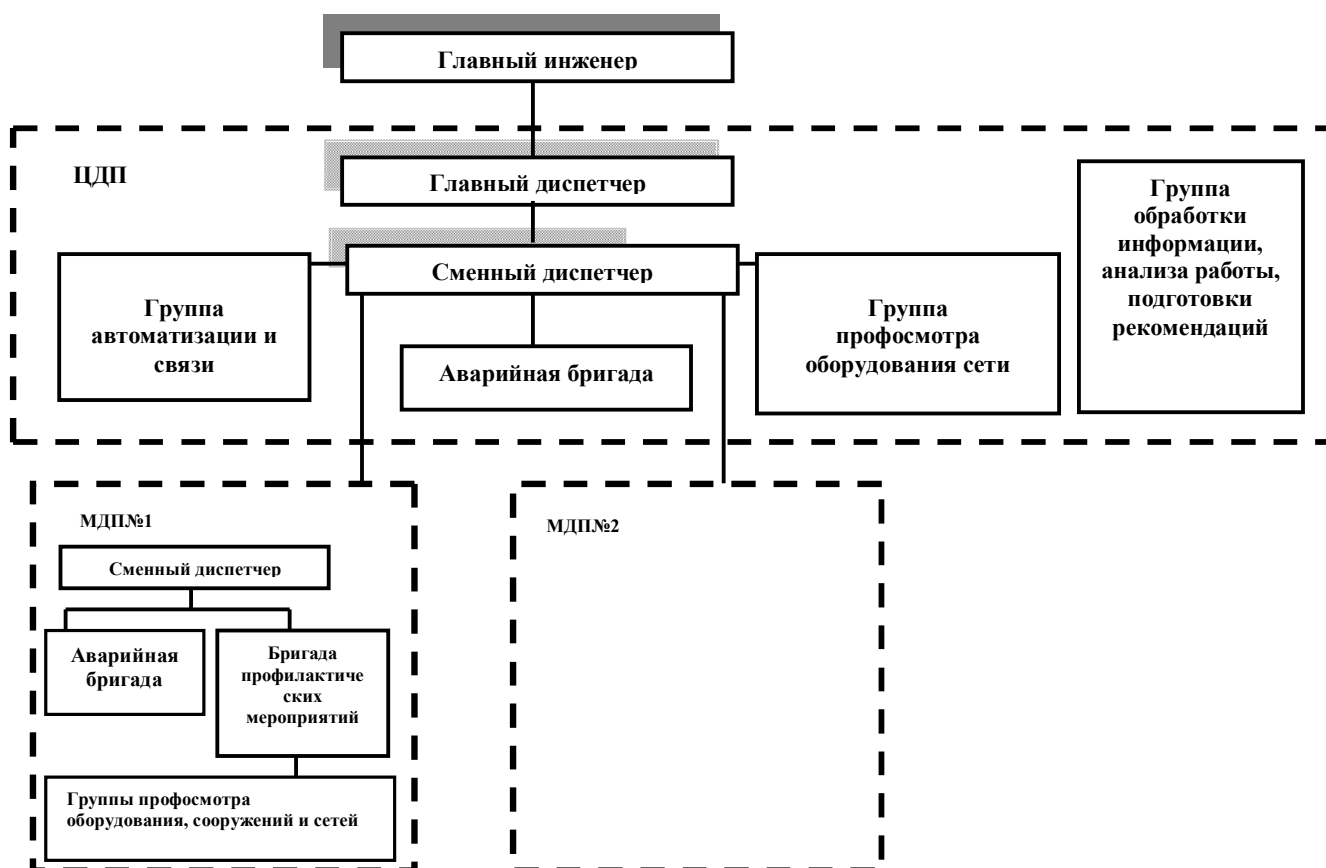


Рисунок 3.1 – Общая схема организации диспетчерской службы

АСУТП должна функционировать в информационно-советующем режиме, при котором средства вычислительной техники осуществляют централизованный сбор, обработку и выдачу данных обслуживающему персоналу в удобной форме, а также формируют и выдают диспетчеру рекомендации по оптимальному ведению технологических процессов в зависимости от ситуации на производстве.

Для каждого технологического цикла производства имеются следующие основные функции.

#### 1. Информационно-вычислительные:

- сбор и первичная обработка информации;
- контроль работы оборудования;
- контроль за состоянием технологических режимов, включающий контроль отклонения параметров;

- диагностика нарушений технологических режимов;
- оперативный учет и расчет технико-экономических показателей;
- формирование и выдача информации на печать и экран для оперативного персонала и руководство станции по инициативе системы и по вызову;
- формирование и выдача информации в автоматическую систему организационного управления (АСОУ).

## 2. Управляющие:

- регулирование отдельных технологических переменных;
- дистанционное управление основными агрегатами;
- прогнозирование хода технологического процесса;
- определение рационального режима технологического процесса;
- формирование и выдача диспетчеру рекомендаций по оптимальному ведению технологических процессов;

## 3. Контроль оборудования:

- расчет времени простоя оборудования за смену, сутки и т. д.;
- расчет времени работы оборудования до профилактического ремонта;
- формирование и выдача на печать информации о работе оборудования;

## 4. Расчет и учет технико-экономических показателей:

- учет расхода воды по трубопроводам (по станциям, по зонам, по городу), запас воды в емкостях, расход электроэнергии, реагентов, расход воды на собственные нужды, отклонение давления в контрольных точках на трубопроводах по часам суток от заданного режима;
- расчет технологической себестоимости воды по станциям, подачи и распределения ее по разводящей сети;

## 5. Прогнозирование хода технологического процесса:

- расчет прогнозируемого графика подачи и распределения воды по трубопроводам системы водоснабжения;
- расчет требуемых напоров и подачи воды в сеть;



- расчет оптимального графика работы насосного оборудования;
- расчет уровней заполнения и срабатывания воды в емкостях;
- расчет распределения воды по магистральным трубопроводам.

Основными функциями диспетчеров являются:

- контроль за ходом производства на основании информации, получаемой из управленческого вычислительного комплекса;
- контроль за функционированием задач управления;
- управление производством;
- организация локализации повреждений трубопроводов, анализ повреждений, применение режима подачи и распределения воды при аварийных ситуациях;
- повышение надежности работы, как всей системы, так и отдельных ее узлов;
- реализация функций управления диспетчера с помощью операторов.

В административно-техническом отношении диспетчер подчиняется начальнику объекта, а в оперативном отношении диспетчеру вышестоящей диспетчерской службы; последняя должна быть оснащена техническими средствами автоматического управления, основными элементами сооружений, а также телеуправлением и телесигнализацией, телеизмерением, прямой телефонной связью и дисплеями.

В состав диспетчерской службы входит оперативная группа, состоящая из главного диспетчера, его помощника по технологической части и сменных диспетчеров, а также разные службы, например, аварийно-ремонтная и транспорта, лаборатория автоматики и контроля (ЛАК), служба электросвязи.

При авариях и экстренных работах в случае отсутствия групп и служб, указанных выше, ЦДП и МДП пользуются резервными агрегатами и транспортом аварийных участков и служб. На МДП должен храниться комплект оперативных схем и чертежей данного узла системы водоснабжения или канализации. Центральная диспетчерская служба корректирует предварительно разработанные:

- режим работы основного оборудования с учетом необходимости обеспечения суточного максимума водоснабжения, или пропуска сточных вод, а также требуемого резерва производительности сооружений;
- расчетный объем запасов воды в емкостях и распределение потоков воды;
- суточный график горячего резерва как всей системы водоснабжения и канализации, так и отдельных узлов оборудования.

Диспетчеру ЦДП передаются показания основных параметров главных объектов: давление, уровни воды, расходы воды, горизонты воды в источниках водоснабжения, положение главных оперативных задвижек, аварийное состояние и пр. К диспетчеру МДП поступают сигналы о рабочем состоянии насосных агрегатов и уровней воды в емкостях, основные показания как электрических, так и неэлектрических измерительных приборов.

Диспетчеру МДП поручается дистанционное включение и выключение агрегатов, а также дистанционное управление оперативными задвижками. Ни один элемент оборудования, находящийся в управлении или в ведении диспетчера, не может быть выведен из работы или резерва без его разрешения, кроме случаев возникновения явной опасности для людей или оборудования. Все распоряжения диспетчер должен давать непосредственно подчиненному ему оперативному персоналу, а для объектов с автоматическим управлением – уполномоченным лицам.

Каждая система водохозяйственных объектов должна иметь *«Положение о диспетчерской службе»*, специально для нее разработанное на основании изложенных выше положений с учетом конкретных местных условий.

### **3.2 Лаборатория автоматики и контроля**

Контроль работы, наладка и ремонт приборов и аппаратов автоматики, а также измерительных приборов в крупных системах эксплуатации водохозяйственных объектов осуществляются лабораторией автоматики и контроля (ЛАК). На мелких предприятиях ЛАК не организуется (эти работы поручаются на договорных началах какой-либо местной лаборатории). ЛАК организует также капитальный и текущий ремонт, проверку и наладку приборов, проводит работу по внедрению новых схем и аппаратов, а также осуществляет контроль за качеством и сроками выполнения этих работ.

ЛАК должна иметь следующее оборудование: образцовые и контрольные приборы, а также переносные установки для проверки и наладки контрольно-измерительных приборов и автоматических регуляторов; стенды, оборудованные контрольными приборами, для проверки эксплуатационных приборов и настройки автоматических устройств; материалы и инструменты для текущего и капитального ремонтов приборов и аппаратуры автоматов.

#### ***Контрольные вопросы***

1. Оперативный контроль при эксплуатации водохозяйственных объектов.
2. Основные группы диспетчерского управления водохозяйственных систем.
3. Схемы организации диспетчерской службы.
4. Основные функции диспетчерской службы при эксплуатации водохозяйственных объектов.
5. Лаборатория автоматики и контроля при эксплуатации водохозяйственных объектов.

## ТЕМА 4 КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ И КАЧЕСТВЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ В РЕКАХ И ВОДОХРАНИЛИЩАХ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СИСТЕМАХ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

### 4.1 Регулирование речного стока

Под регулированием речного стока понимают всякое перераспределение во времени естественного стока реки, осуществляемое при помощи водохранилищ или иной емкости. При этом воду запасают в периоды избытка естественного стока (над требуемым); расходуют ее в периоды маловодья.

При проектировании водохранилища устанавливают баланс бытового стока (притока), потерь и потребления воды, комплекс которых носит название *водохозяйственных расчетов*.

Основными элементами водохозяйственного расчета являются:

- расчетный бытовой приток воды;
- полезное потребление воды;
- характеристика водохранилища (размеры);
- потери на испарение и потери на фильтрацию;
- характеристика заиливания.

Суммарное потребление, или убыль, из водохранилища складывается из полезного потребления  $W_з$ ; потерь на испарение  $W_{исп}$ ; потерь на фильтрацию  $W_ф$ .

#### ***Основные положения о речном стоке***

За удельную единицу стока принимают модуль стока:

$$M_0 = \frac{Q_0 \cdot 10^3}{F} \text{ л/(с} \cdot \text{км}^2\text{)}, \quad (4.1)$$

где  $F$  – площадь водосборного бассейна,  $\text{км}^2$ ;

$Q_0$  – средний годовой расход воды в данном створе реки,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Для характеристики колебаний стока во внутригодовых отрезках времени (сезон, месяц, сутки, часы), кроме нормы стока, служат два показателя:

1. уровень воды или отметка поверхности воды в водоеме,  $m$  (над нулем поста или над уровнем моря);
2. расход воды или количество воды,  $m^3$ , протекающий через живое сечение водоема в данном пункте в единицу времени ( $c$ ).

## **4.2 Качественные изменения в реках и водохранилищах**

### ***Мутность воды и заиление водохранилищ***

В период паводков (весной и при сильных дождях) мутность воды в реках и водохранилищах повышается, что вызывает затруднения в водоснабжении и заиление водохранилища.

### ***Солевой состав воды***

В период весеннего паводка общий солевой состав (плотный остаток) и жесткость воды в реках и водохранилищах снижаются до минимума, затем в период межени они постепенно повышаются и перед весенним паводком достигают максимума. В водохранилищах с многолетним регулированием стока за ряд лет со средними и минимальными стоками состав и жесткость воды прогрессивно увеличиваются; в многоводные годы вследствие обмена воды в водохранилище ее солевой состав и жесткость снижаются до минимума.

### ***Цветение водоемов и цветность воды***

Цветение воды обуславливается массовым развитием растительных и животных организмов – планктона.

При цветении водоема меняется также запах и вкус воды.

Организмы цветения и продукты их жизнедеятельности могут вызывать желудочно-кишечные заболевания у человека, хотя вода и

удовлетворяет требованиям стандарта по химическим и бактериологическим показателям.

### ***Ледовые явления***

В периоды осенне-зимнего ледостава во многих реках и водохранилищах образуется шуга, что часто создает затруднения в работе водозаборов.

Затруднения, вызываемые шугой, заключаются в том, что она прилипает к водозаборным решеткам и сеткам.

## **4.3 Наблюдения за режимом водохранилищ и рек**

### ***Наблюдения за уровнями воды и расходами реки***

Наблюдения осуществляет дежурный персонал (наблюдатели) по рейкам, установленным на вертикальных стенках сооружений, или по свайным водомерным постам с точностью до 1 см, измерение уровня воды и толщины льда представлены на рисунке 4.1.

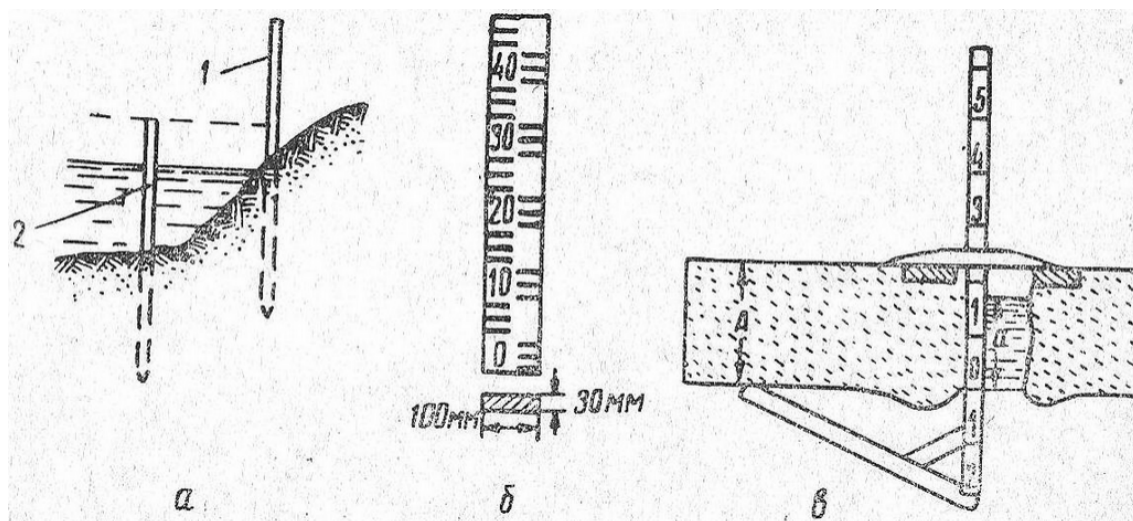


Рисунок 4.1 – Измерение уровня воды и толщины льда:

- а – водомерный пост берегового типа; б – водомерная рейка;  
в – рейка для измерения толщины льда; 1 – рейка №1; 2 – рейка №2

### ***Наблюдения за изменениями качества воды***

Пункты и частоту отбора проб воды устанавливают в зависимости от местных условий и назначения водохранилища. Для водохранилищ, используемых в качестве источника водоснабжения, отбирать и анализировать пробы воды следует не реже одного раза в месяц.

### ***Наблюдения за испарениями с водной поверхности***

Вследствие испарения с водной поверхности водохранилища теряют большие количества воды, что существенно влияет на их водный баланс. Специально обученное лицо систематически должно наблюдать за испарением с водной поверхности водохранилища.

### ***Наблюдения за ледовым режимом***

На образование ледяного покрова в водохранилище и питающих его реках затрачивается некоторое количество воды, которое на всю зиму теряется и подлежит исключению из водного баланса на этот период.

Ледяной покров рек понижает расход воды и приток ее в водохранилище, а при промерзании русла реки и образовании наледей приток воды в водохранилище прекращается совершенно.

Измеряют толщину льда ледемерной Г-образной рейкой.

### ***Наблюдения за фильтрацией воды из водохранилища***

Некоторое количество воды из водохранилища теряется вследствие фильтрации через тело и основание земляной плотины. Если в воде, профильтровавшейся через тело и основание плотины, обнаруживают вынесенные частички грунта, то наблюдения и замеры расхода осуществляют чаще – от одного раза в десять дней до ежедневных.

Фильтрационные воды замеряют водосливами, а при больших потоках – поплавками.

### ***Наблюдения за цветением воды в водохранилище***

Наблюдения за цветением воды в водохранилище осуществляют периодически, исследуя забираемые специальным прибором пробы. Забирать

пробы может лицо, компетентное в этом вопросе. Частоту забора проб устанавливают в лаборатории.

#### **4.4 Наблюдения за процессом заиления и зарастания водохранилищ**

Наблюдениями за процессом заиления и зарастания водохранилища устанавливают места и интенсивность заиления и зарастания, а также последствия их распространения.

Наблюдения осуществляют периодически в зависимости от интенсивности процесса – от одного раза в год и реже.

##### ***Обработка наблюдений и измерений***

Данные наблюдений и измерений, проводимых отдельными лицами, должны быть обработаны и проанализированы.

Полученные и обработанные данные наблюдений служат материалом для составления исполнительных балансов, прогнозов и планов эксплуатации водохранилища.

##### ***Контрольные вопросы***

1. Регулирование речного стока.
2. Основные положения о речном стоке.
3. Качественные изменения в реках и водохранилищах.
4. Наблюдения за режимом водохранилищ и рек.



## ТЕМА 5 СОСТАВЛЕНИЕ ПРОГНОЗОВ И ПЛАНОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕК И ВОДОХРАНИЛИЩ

### 5.1 Номенклатура эксплуатационных прогнозов водохранилищ и рек

Для составления водных балансов и планов эксплуатации поверхностных источников – рек и водохранилищ, а также оперативного регулирования их режима составляют долгосрочные и краткосрочные прогнозы.

Для источников, используемых в целях водоснабжения, делают следующие эксплуатационные прогнозы:

- 1) стока и уровней воды;
- 2) срока, величины интенсивности весеннего паводка;
- 3) сроков ледостава и вскрытия рек;
- 4) качества воды в реке или водохранилище;
- 5) цветения воды.

Эксплуатационные прогнозы должны содержать следующие вероятные, а также гарантийные величины: гидрологические элементы и даты явлений в условиях намечаемого водохозяйственного плана использования реки или водохранилища; средний вероятный, а также наибольший и наименьший возможные объемы паводка и расходов реки (количество воды, протекающей в единицу времени); по качественным показателям – общий солевой состав (плотный остаток) и жесткость воды.

Прогнозы естественного притока воды и ее качества составляют на каждый месяц.

Составляют следующие прогнозы:

#### *Прогноз стока и уровней воды*

$$W_{cp} = \frac{MF \cdot 31536000}{1000} \text{ м}^3 \quad (5.1)$$

где  $W_{cp}$  – средний годовой сток;

$M$  – модуль стока с  $1 \text{ км}^2$  водосборной площади, л/с;

$F$  – площадь водосбора реки,  $\text{км}^2$ .

Прогноз стока по методу аналогии и связи основывают на оценке хода предшествующего режима реки по характерным факторам, создающим этот режим: осадкам, температуре воздуха, при которой происходит испарение, расходам и уровням воды и пр.

### ***Прогноз срока, величины и интенсивности весеннего половодья***

Прогнозы срока, величины и интенсивности весеннего стока (половодья) обычно составляют сотрудники гидрометеорологической службы.

Пользуясь прогнозом гидрометеорологической службы по величине стока  $x$ , мм, столба воды, определяют предполагаемый суммарный объем стока или приток воды в водохранилище за период весеннего половодья:

$$W_{вес} = xF \cdot 1000 \text{ м}^3 \quad (5.2)$$

где  $F$  – площадь водосбора водохранилища,  $\text{км}^2$ .

### **Сроки ледостава и вскрытия рек**

Прогноз ожидаемых сроков появления шуги, осеннего ледохода на реках и ледостава, так же, как и сроки вскрытия рек, составляется гидрометеорологической службой.

### ***Прогноз цветения водоема***

Для прогнозирования цветения водоема пользуются методом биологической производительности воды, который позволяет установить за 5–8 дней возможность массового развития фитопланктона в водоеме. Для этого из контролируемого водоема забирают пробу воды батометром или каким-либо стеклянным сосудом. Воду разливают в колбочки по 25 мл.

В исследуемой воде подсчитывают количество планктонных организмов. Колбы помещают в термолюкностат (шкаф с регулированием температуры и освещения) или на окно. Через каждые 3–5 дней воду подвергают биологическому анализу. Увеличение числа организмов

показывает, что в ближайшие дни (примерно через 4–8 дней) наступит цветение водоема; результаты, полученные через 8–10 дней, показывают, насколько продолжительным будет это явление.

По результатам исследования назначают время профилактической обработки водохранилища медным купоросом и устанавливают ориентировочную дозу медного купороса.

### ***Борьба с цветением воды и зарастанием водохранилищем***

Практика показала, что более эффективным средством борьбы с цветением воды в водохранилищах является обработка ее медным купоросом  $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ . Применяют два способа купоросования водохранилищ – мокрый и сухой.

При мокром способе медный купорос рассыпают в мешки или корзины, которые подвешивают к лодкам. На этих лодках передвигаются по водохранилищу в определенном порядке до тех пор, пока куски купороса не растворятся.

Более широкое применение нашло опыление поверхности водохранилища молотым медным купоросом с самолета (авиакупоросование) или с моторной лодки.

При обработке воды медным купоросом отравляющее действие на микроорганизмы в воде оказывает ион меди ( $\text{Cu}^{2+}$ ). Для получения удовлетворительных результатов купоросования необходимо, чтобы количество вводимого в воду медного купороса было не меньше определенной токсической дозы для возбудителя цветения воды и не больше той, при которой сохраняются рыбы и организмы, служащие пищей рыбам. Величину этой дозы устанавливают лабораторными опытами.

Для рыб можно считать токсическими следующие дозы сернокислой меди ( $\text{мг/дм}^3$ ): для карпа 0,7; щуки 1,0; карася 8,0. Таким образом, токсические дозы, применяемые при борьбе с цветением воды, за некоторыми исключениями, не могут оказывать губительного действия на большинство рыб, а также на зоопланктон (токсические дозы для него

колеблются от 1 до 2 мг/дм<sup>3</sup> сернокислой меди) являющийся основным кормом для рыб.

Дозу купороса рассчитывают только на верхний слой (толщиной 1,5–2 м) воды в водохранилище. Необходимо, чтобы медный купорос, засыпаемый с самолета или с лодки в воду водохранилища, как можно быстрее в нем растворялся.

Купоросование водохранилища следует осуществлять до начала или в начале его цветения, чем сокращается расход медного купороса и устраняются неблагоприятные последствия, связанные с массовой гибелью водорослей.

Наиболее эффективны профилактические меры, предотвращающие возможность застоя в водохранилищах. К числу их относятся: предотвращение заиливания водохранилища и образования мелководий; ликвидация мелководий при помощи землесосов или грязечерпалок или засыпка мелководных мест.

## 5.2 Количественный и качественный балансы водохранилища

Количественный баланс можно выразить следующей формулой:

$$(W_e + W_{cm} + W_n = V + W_z + W_{\phi} + W_{исп} + W_{сбр}) \quad (5.3)$$

где  $V$  – объем воды в водохранилище в любое время;

$W_e$  – предполагаемый естественный приток воды;

$W_{cm}$  – сточные воды, поступающие от предприятий и городов;

$W_n$  – попуски воды из расположенных выше водохранилищ;

$W_z$  – расход (забор) воды на нужды водоснабжения и др.;

$W_{\phi}$  – потери воды из водохранилища фильтрацией;

$W_{исп}$  – потери воды из водохранилища испарением;

$W_{сбр}$  – сброс воды в случае ее избытка или для пополнения расположенного ниже водохранилища. Или

$$\Sigma W_{np} = V + W + \Sigma W_{nom} + W_{сбр}, \quad (5.4)$$

Отсюда объем воды в водохранилище в любое время, например, на начало каждого месяца, будет:

$$V = \Sigma W_{np} - W_{уб}, \quad (5.5)$$

Пользуясь лабораторными анализами состава притекающих в водохранилище и убывающих из него вод, можно определить качество воды в водохранилище (солевой состав) исходя из баланса:

$$W_e C_e + W_{cm} C_{cm} + W_n C_n = (V + W_z + W_{\phi} + W_{исп} + W_{сбр}) C, \quad (5.6)$$

где  $C_e$  – сухой остаток (общий солевой состав) притекающей воды;

$C_{cm}$  – то же, сточной воды, поступающей от предприятий;

$C_n$  – то же, воды поступающей из вышерасположенных водохранилищ;

$C$  – общий сухой остаток в воде водохранилища.

Этот баланс показывает, что количество солей, притекающих с водой в водохранилище, расходуется вместе с водой, соли же испарившейся воды остаются в водохранилище и все больше повышают сухой остаток (солевой состав) воды водохранилища.

Качество воды в водохранилище определяют из уравнения

$$VC = \Sigma W_{np} C_{np} - \Sigma W_{уб} C_{уб}, \quad (5.7)$$

где  $V$  – объем воды,  $м^3$ ;

$C$  – сухой остаток (общий солевой состав),  $г/м^3$ , или количество солей,  $т$

$$g = g_{np} - g_{уб}, \quad (5.8)$$

Зная количество солей  $g$ , содержащихся в данном объеме воды  $V$ , можно вычислить

$$C = \frac{g}{V} г / м^3 (мг / л), \quad (5.9)$$

Сухой остаток в свою очередь можно разложить с известным приближением на ряд составляющих: жесткость воды общую  $Ж_{общ} = m_1 C$  и щелочность общую  $Щ_{общ} = m_2 C$ , хлориды  $Cl = m^3 C$ , сульфаты  $SO_3^{2-} = m C$  и т.д.

Переводный коэффициент  $m$  – величина для каждого водохранилища почти постоянная, устанавливаемая на основании лабораторных анализов воды.

$$C_{\text{вдх}} = f(K, C_{\text{пр}}), \quad (5.10)$$

где  $C_{\text{вдх}}$  – искомая концентрация солей в воде водохранилища, г/см<sup>3</sup>;

$C_{\text{пр}}$  – среднегодовая концентрация солей в воде притока за гидрологический год – от начала подъема уровня воды в водохранилище, от начала паводка до конца спада в последующую межень (с учетом остатка солей в водохранилище перед паводком);

$K$  – коэффициент относительной емкости водохранилища,

$$K = \frac{V_1}{V_2}, \quad (5.11)$$

где  $V_1$  – объем воды в водохранилище на день определения концентрации солей в нем;

$V_2$  – максимальный объем воды в водохранилище за расчетный гидрологический год.

Очевидно, внутриводоемные гидрохимические процессы более сложные, чем указанные выше. Однако для практических целей расчет количественного и качественного баланса водохранилища на один гидрологический год является достаточным по приведенной выше методике без особого учета внутриводоемных процессов.

### 5.3 Эксплуатационный график использования водохранилища

Все вычисления при составлении количественного и качественного балансов водохранилища сводят в таблицу (табл. 5.1), пример которой приведен ниже.

Общее количество солей в воде на данный месяц вычисляют следующим образом: в первый месяц после паводка отбором и анализом проб воды в разных точках водохранилища и с разных глубин устанавливают средний состав воды. Умножив полученный сухой остаток на объем воды в водохранилище, получаем общее количество солей.

Имея эксплуатационный (плановый) график, регулярно контролируемый и корректируемый в последующие периоды, устанавливают такой количественный режим, при котором исключается угроза необеспеченности водой потребителей даже в маловодный год; поддерживают в водохранилище воду более высокого качества.

Таблица 5.1 – Эксплуатационный график количественного и качественного режимов водохранилища на гидрологический год

Месяц	Приток воды в водохранилище за месяц, $\Sigma W_{пр}$ , тыс. м <sup>3</sup>	Планируемый забор (расход) воды из водохранилища за месяц, $W^3$ , тыс. м <sup>3</sup>	Потери воды из водохранилища за месяц, тыс. м <sup>3</sup>			Убыль воды из водохранилища за месяц		Объем воды в водохранилище на начало месяца, $V$ , тыс. м <sup>3</sup>	Абсолютная отметка уровня воды в водохранилище на начало месяца, м	Месячный солевой баланс воды, м			Качество воды на начало месяца	
			фильтрацией, $W_{ф}$	испарением, $W_{исп}$	всего, $\Sigma W_{пот}$	сбор, тыс. м <sup>3</sup> , $W_{сбр}$	всего убыль, тыс. м <sup>3</sup> , $\Sigma W_{уб}$			прибыло, $g_{пр}$	убыло, $g_{уб}$	наличие в водохранилище на начало месяца, $g_{налич}$	сухой остаток, $C_{уб}$ , мг/л	жесткость общая, $Ж_{общ}$ мг-экв/л
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Предшествующий период														
Планируемый период														

### ***Меры, способствующие сохранению естественного притока воды в водохранилище***

Наиболее низкий сток рек наблюдается в зимний период. На некоторых малых реках он снижается до нуля вследствие образования наледей и шуговых зажоров при ледоставе, стесняющих живое сечение потока. Это не только резко изменяет величины стока в зимний период, но и затрудняет прохождение наибольшего расхода воды в весеннее половодье.

Образовавшиеся завалы деревьев и топляки с перекатов русла реки надлежит убирать до наступления ледостава и увеличивать глубину потока, для чего концентрировать течение в наиболее глубокой части русла; имеющиеся протоки следует закрывать.

Образовавшиеся при ледоставе шуговые зажоры необходимо расчищать.

Чтобы предохранить от промерзания и скопления шуги перекаты глубиной менее 0,5 м, их надо утеплить. В лесных районах утеплять можно

ветвями хвойных и других деревьев, а в других районах – камышом, или соломенными матами по уложенным на лед жердям с последующей присыпкой снегом, слоем толщиной 0,2 – 0,3 м.

Если наледи уже образовались, то для борьбы с ними во льду устраивают прорезы по направлению русла и прорубают лунки в конце наледей. Это предотвращает их распространение. Прорезы и лунки желательно утеплить.

Наличие в русле долго не замерзающих участков (полыней и майн), приводит к переохлаждению потока воды, а впоследствии к образованию шуги и донного льда. Для предотвращения этого явления в начале зимы необходимо искусственно замораживать полыни, устраивая плавающую решетку из досок, жердей или фашин.

#### ***Регулирование забора воды и пусков по каскаду водохранилищ***

Расходовать забираемую из водохранилища воду и поддерживать ее уровень надо строго по эксплуатационному графику и в соответствии с инструкцией, составляемой для каждого водохранилища.

При наличии в бассейне реки каскада водохранилищ следует установить такой режим их наполнения и сработки, при котором полностью предотвращаются или сводятся к минимуму потери воды как в русле реки, так и в створах сооружений.

Борьбу с засолением воды в водохранилище также следует проводить в направлении улучшения качества стока, и в частности, снижения концентрации общего содержания солей в воде, питающей водоем. К числу такого рода мероприятий следует отнести:

- недопущение сброса в водохранилище сильно минерализованных, в частности шахтных и сточных вод;
- борьбу с размывом почвы и ее выщелачиванием;
- периодическую регенерацию водохранилища свежей слабо минерализованной паводочной или пусковой (из другого водохранилища) водой.



Однако при этом желательно заранее обеспечить сброс из водохранилища старой сильно минерализованной воды.

### ***Контрольные вопросы***

1. Номенклатура эксплуатационных прогнозов водохранилищ и рек.
2. Прогноз стока и уровней воды, величины и интенсивности весеннего половодья.
3. Количественный и качественный балансы водохранилища.
4. Определение качества воды водохранилищ.
5. Эксплуатационный график использования водохранилища.
6. Прогноз цветения воды, борьба с ним.
7. Регулирование забора воды из водохранилищ.

## **ТЕМА 6 ОРГАНИЗАЦИЯ И ТЕХНОЛОГИЯ ВОДОПОДГОТОВКИ И РЕМОНТНЫХ РАБОТ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

### **6.1 Подготовка воды на сооружениях водохозяйственных объектов**

На водоподготовительных станциях любого назначения необходимо предусматривать установку приборов с целью контроля:

- расхода воды, поступающей на станцию; обработанной и чистой, подаваемой в резервуары; поступающей на каждое водоочистное сооружение (отстойники, осветлители со взвешенным слоем, фильтры и КО, катионитовые и анионитовые фильтры и т. п.); поступающей на промывку фильтров; подаваемой в сеть водопотребителей (насосной станцией II подъема); подаваемой на собственные нужды станции (от трубопровода насосной станции II подъема);

- уровня воды в отстойниках, фильтрах, а также в резервуарах чистой воды, промывных баках, реагентных баках;
- потерь напора в фильтрах и отдельных участках трубопроводов;
- давлений на всасывающих и напорных линиях;
- автоматического дозирования вводимых в воду реагентов;
- качества воды, поступающей на станцию, обработанной после сооружений, подаваемой потребителям.

Производственный контроль может быть местным и централизованным. Он должен обеспечивать нормальный ход технологического процесса и своевременно оповещать об изменениях качества исходной и обработанной воды. Контроль осуществляется круглосуточно и разделяется: на гидравлический, предусматривающий наблюдение за уровнем воды в смесителе, камере хлопьеобразования, отстойниках, фильтрах, контактных осветлителях и резервуарах, контроль за расходами воды на станции I и II подъемов; химико-бактериологический и гидробиологический, осуществляемый лабораторией водоподготовительной станции (за проведение анализов отвечает заведующий лабораторией станции); технологический, осуществляемый дежурным по станции под наблюдением главного инженера или начальника станции и включающий контроль за своевременной заготовкой растворов реагентов, их концентрацией и подачей в сооружения станции, а также за работой всех сооружений, включая хлораторные и аммонизаторные.

Перечень химико-бактериологических и гидробиологических анализов, осуществляемых в лаборатории станции, приведен в таблице 6.1. График лабораторно-производственного контроля качества воды устанавливается в зависимости от местных условий.

Таблица 6.1 – Ориентировочный график лабораторно-производственного контроля качества воды

Наименование проб воды	Место отбора проб	Периодичность отбора проб	Определяемые показатели	Состав исполнителей
1	2	3	4	5
Исходная вода	Перед смесителем	1 раз в 2 ч	Прозрачность (мутность), цветность, щелочность	Сменный лаборант
		1 раз в смену	Температура, запах, привкус	Сменный лаборант
		1 раз в сутки	Окисляемость, аммиачный азот, нитраты, нитриты, общее железо, pH, хлориды, общее число бактерий, коли-титр.	Старший лаборант
		1 раз в месяц	Окись кальция, общая жесткость, сульфаты, сероводород, свободная и агрессивная углекислота, свинец, фосфаты, йод, фенол, растворенный кислород, окись магния, фтор, кремний, БПК, марганец, калий и натрий, медь, цинк, сухой остаток, взвешенные вещества, мышьяк, ароматические углеводороды, нефтепродукты.	Старший лаборант и частично заведующий лабораторией (при выполнении наиболее сложных анализов).
		1 раз в месяц и чаще (в зависимости от изменения состава воды)	Пробные коагулянты и хлорирование	Сменный и старший лаборанты.
		По особому плану	Радиологический анализ	Сменный и старший лаборанты.
Коагулированная вода	В конце смесителя	Через 1-2 ч при постоянных дозах реагента и через 0,5-1 ч при изменениях доз	Щелочность, pH, остаточный хлор	Сменный лаборант
Осветленная вода	На выходе из осветлителя	2 раза в смену	Прозрачность (мутность), цветность, щелочность	Сменный лаборант
	Общий коллектор осветленной воды	1 раз в смену	Прозрачность (мутность), цветность	Сменный и старший лаборанты.

Продолжение таблицы 6.1

1	2	3	4	5
Осветленная вода	Общий коллектор осветленной воды	1 раз в сутки	Запах, щелочность, рН, коли-титр, общее количество бактерий, остаточный хлор.	Сменный и старший лаборанты
Профильтрованная вода	После каждого фильтра и в общем коллекторе	Через каждые 4 ч и чаще по мере ухудшения качества воды или изменения доз реагентов	Прозрачность (мутность), цветность, остаточный хлор, запах.	Сменный лаборант
		1 раз в смену	Окисляемость, общее число бактерий, коли-титр	Старший лаборант
Очищенная вода	После резервуара чистой воды	Через 1 ч	Остаточный хлор	Сменный лаборант
		Через 2 ч	Прозрачность, цветность, щелочность, запах, привкус	Сменный лаборант
		1 раз в смену	Температура	Сменный лаборант
		1 раз в сутки	Общее железо, рН, окисляемость, общий счет бактерий, коли-титр, хлориды, аммиачный азот, нитраты, нитриты	Старший лаборант
		1 раз в месяц	Окись кальция, сульфаты, свинец, фосфаты, растворенный кислород, окись магния, фтор, кремний, БПК, калий и натрий, медь, цинк, мышьяк, уголекислота, сухой остаток.	Старший лаборант
		По особому плану	Радиологический анализ	старший лаборант

Примечание 1. Пробы на остаточный хлор в смесителе и после фильтров берутся после предварительного хлорирования.

Примечание 2. Анализ поступающих на станцию реагентов и контроль над приготовлением и дозировкой их растворов включается в ориентировочный график самостоятельным пунктом.

Контрольные замеры, обходы и наблюдения за работой сооружений осуществляются в определенные сроки, устанавливаемые эксплуатационными инструкциями. Производственный контроль необходим для поддержания нормального технологического процесса работы станции и принятия в ходе эксплуатации оперативных решений, которые, не в ущерб качественным и количественным показателям воды, дают экономический эффект. Наиболее эффективными средствами снижения стоимости обработки воды на станциях являются снижение расхода ее на собственные нужды и уменьшение количества реагентов, используемых для обработки воды.

Уменьшить расходы воды на собственные нужды можно повторным использованием при осветлении и обесцвечивании воды промывных вод после фильтров (с подачей их после отстаивания на смесители или на повторную промывку фильтров). Вопрос повторного использования промывных вод должен решаться одновременно с утилизацией осадка, образующегося в отстойных резервуарах, отстойниках и осветлителях: промывкой фильтров с использованием воздушной продувки фильтрующей загрузки, что позволяет снизить интенсивность подачи промывной воды и улучшить условия отделения шлама от загрузки; использованием для взрыхления ионитовых фильтров промывных вод; применением для регенерации ионитовых фильтров I ступени в многоступенчатых установках регенерационных растворов после использования их в фильтрах II и III ступеней.

Снижение расхода воды в пределах станции может быть достигнуто: постоянным контролем за состоянием арматуры (ликвидация протечек в сальниках); систематическим наблюдением за бетонными стенками резервуаров, отстойников и фильтров (и немедленным принятием мер при малейшем нарушении целостности стенок); контролем за напорными линиями в пределах станции и ликвидацией возможных утечек в кратчайшие сроки; исключением переливов воды в сооружениях (в открытых смесителях или др.).

Расходы реагентов на станциях можно снизить путем точной дозировки их в полном соответствии с качеством поступающей на очистку воды или использованием прерывистого коагулирования при осветлении и обесцвечивании воды.

В ходе эксплуатации водохозяйственных объектов нередко возникает необходимость в повышении производительности станции при сохранении неизменными размеров станций и сооружений. Накопленный опыт позволяет дать рекомендации по повышению эффективности работы отдельных сооружений и устройств.

## **6.2 Повышение эффективности работы сооружений водоподготовки**

**Смесительные устройства.** Система подачи воды и реагентов в смеситель должна обеспечивать равномерное распределение и смешение воды с реагентами по всей глубине и площади смесителя за расчетное время. Не менее важным обстоятельством при смешивании их является правильный выбор точек ввода реагентов и соблюдение необходимого разрыва между введением отдельных реагентов в разные сезоны года.

**Камеры хлопьеобразования.** Важным условием нормальной работы камер является правильный выбор скоростей движения воды. При малых скоростях может произойти оседание образующихся хлопьев, при больших – их разрушение. Эффект хлопьеобразования и повышение прочности хлопьев могут быть достигнуты при введении в камеру хлопьеобразования флокулянтов.

**Отстойники и осветлители со слоем взвешенного фильтра.** Увеличение скоростей движения воды в сооружениях, а, следовательно, повышение производительности последних может быть достигнуто путем ускорения осаждения хлопьев в результате укрупнения и утяжеления их при введении в отстойник флокулянтов (ПАА или АКК). Образование в отстойниках плотного осадка способствует увеличению продолжительности

работы сооружений без продувки. Эффективность работы отстойников и осветлителей со слоем взвешенного фильтра может быть повышена путем введения в обрабатываемую воду (в смеситель или перед смесителем) вместе с коагулянтом шлама, взятого из отстойников или осветлителей. Дозы шлама зависят от местных условий и могут колебаться в широких пределах (100–500 мг/л). Данный способ обработки воды может быть рекомендован для маломутных цветных вод.

**Скорые фильтры и контактные осветлители.** Интенсификация работы фильтров и КО может идти по линии увеличения грязеемкости фильтрующей загрузки и скорости фильтрования. Повышение этих параметров возможно при использовании многослойных фильтров, новых материалов (обладающих высокой адсорбционной способностью) в качестве фильтрующих загрузок, флокулянтов для подготовки воды, крупнозернистых загрузок, электрического поля при фильтрации воды.

Для устройства многослойных фильтров применяют материалы, имеющие различные плотности. Слои фильтрующей загрузки располагают таким образом, чтобы верхние слои состояли из более крупных зерен меньшей плотности, чем нижние. Для верхних фильтрующих слоев применяют дробленый антрацит и керамзит, «горелые породы», гранулы полистирола, полиэтилена и другие естественные и искусственные материалы неорганического и органического происхождения, а для нижних слоев - кварцевый песок, магнетит, магнитный железняк и др.

При использовании многослойных фильтров загрязнения более равномерно располагаются по высоте загрузки, что приводит к увеличению грязеемкости и продолжительности фильтроциклов.

В качестве новых фильтрующих материалов (табл. 6.2), внедряемых в настоящее время в практику подготовки воды хозяйственно – питьевого назначения, можно назвать керамзит, «горелые породы» и вулканический шлак. Так, например, при применении дробленого керамзита по сравнению с кварцевым песком потери напора сокращаются в 2,5–3,5 раза, пористость его

увеличивается в 1,85–2 раза, а коэффициент формы зерен – в 1,75–4,2 раза. Все эти данные создают более благоприятные условия для задержания загрязнений в фильтрующей загрузке из дробленого керамзита и позволяют увеличивать производительность фильтров в 1,8–2,3 раза, а длительность фильтроцикла – в 2,5–3,5 раза.

Таблица 6.2 – Характеристика новых фильтрующих материалов

Материалы	Плотность, г/см <sup>3</sup>	Объемная масса, кг/м <sup>3</sup>	Пористость, %	Коэффициент формы зерна
Керамзит дробленный	1,2–1,5	350–500	58–61	1,7–2,5
Керамзит недробленный	1,7–1,8	700–800	45	1,29
«Горелые породы»	2,4–2,5	1500–1800	52	2,00
Вулканический шлак (Мастара)	1,7	750	64	2,23

«Горелые породы» по сравнению с кварцевым песком обладают большими пористостью (на 16–20 %) и грязеемкостью (в 1,5–2 раза). При их использовании в фильтрующей загрузке на промывку фильтров требуется в 1,5–2 раза меньший расход воды, при этом продолжительность фильтроцикла увеличивается.

Скорость фильтрования и продолжительность фильтроцикла зависят не только от мутности поступающей на фильтр воды и характеристик фильтрующей загрузки, но и от прочности образующихся хлопьев. Введение в воду флокулянтов утяжеляет и уплотняет хлопья загрязнений, что способствует улучшению процесса задержания взвеси.

Глубина проникания взвеси в толщу фильтрующего слоя возрастает с увеличением диаметра его зерен и скорости фильтрования. Поскольку потери напора с уменьшением диаметра зерен и увеличением скорости фильтрования возрастают, в практике водоподготовки наметилась тенденция к применению более крупных зерен при одновременном увеличении высоты фильтрующего слоя, что позволяет повысить скорость фильтрования, не допуская увеличения мутности фильтрата.



### 6.3 Планово-предупредительный и капитальный ремонты на объектах водоподготовки

Система технического обслуживания предусматривает комплекс организационно-технических мероприятий по уходу и надзору за сооружениями и всеми видами ремонтов.

На основе дефектных ведомостей и журналов осмотров и ремонтов оборудования, сооружений и строений составляются планы по срокам и номенклатуре ремонтов согласно «Положению о проведении планово-предупредительного ремонта водопроводно-канализационных сооружений». В таблице 6.3 приведена периодичность осмотров и ремонтов оборудования и приняты следующие сокращения: ТО – техническое обслуживание; ТР – текущий ремонт; КР – капитальный ремонт. Содержание и типовые объемы работ в период проведения ТО, ТР и КР по некоторым видам оборудования также приведены ниже.

Таблица 6.3 – Периодичность осмотров и ремонта оборудования

Оборудование тип, марка, краткая характеристика)	Периодичность ТО и ремонта (числитель), продолжительность простоя (знаменатель), ч			Трудоемкость ТО и ремонта, чел.-ч		
	ТО	ТР	КР	ТО	ТР	КР
<i>Воздуходувки</i>						
ТВ-60-1,8	-	720/8	39 560/120	-	6	108
ТВ-80-1,6	24/1	2160/8	8 640/120	1	16	144
ТВ-175-1,6	-	1440/10	34560/196	-	10	248
ТВ-450-1,08	180/4	2160/4	25920/196	6	84	256
<i>Нагнетатели</i>						
50-21-1	-	1440/6	25920/96	-	4	127
200-11-1М (200 м <sup>3</sup> /мин)	-	2160/6	17280/136	-	4	168
360-21-1 (375 м <sup>3</sup> /мин)	-	2160/6	34560/240	-	4	720
360-22-1 (270 м <sup>3</sup> /мин)	-	2160/6	34560/240	-	4	720
450-11-2 (445 м <sup>3</sup> /мин)	-	1440/6	34560/168	-	4	720
700-12-1 (700 м <sup>3</sup> /мин)	-	2160/6	34560/240	-	4	532
<i>Вентиляторы стальные</i>						
ВВД № 8	240/1	1440/16	25920/96	1	12	38
ВВД № 9	360/8	1440/8	25920/96	4	16	80
ВМ 40/750	24/1	720/24	8640/110	1	38	96
ВМ 50/1000	24/1	720/24	8640/110	1	38	96

<i>Центрифуги</i>						
ОГШ-352К	24/1	1440/24	17280/96	1	24	120
ОГШ-500-6Н	720/8	2160/38	17280/110	10	24	120
НОГШ-1000	720/8	2160/38	17280/182	10	48	192
Центрифуга «Гумбольдт»- (диаметр ротора 1000 мм)	720/8	2160/8	17280/134	10	16	144
Оборудование (тип, марка, краткая характеристика)	Периодичность ТО и ремонта (числитель), продолжительность простоя (знаменатель), ч			Трудоемкость ТО и ремонта, чел.-ч		
	ТО	ТР	КР	ТО	ТР	КР
<i>Вакуум-фильтры</i>						
БОУ5-1,75	10/4	4320/41	25920/114	4	54	127
БОУ-10	720/8	2880/46	25920/138	6	54	164
БОУ-20	-	2160/48	25920/138	-	72	164
БОУ-40	-	1440/96	25920/192	-	84	210
<i>Фильтр-прессы</i>						
ФПАКМ-2,5	720/12	2160/132	25920/408	26	135	406
ФПАКМ-10	720/12	2160/156	25920/480	26	154	462
ФПАКМ-25	720/12	2160/192	25920/576	26	182	546

### ***Воздуходувки и газодувки***

**Техническое обслуживание** заключается в замене масла и промывки картера подшипников качения, ревизии муфт сцепления, проверке состояния подшипников; визуальной проверка фундаментов турбоагрегата и электродвигателя; проверке затяжки фундаментных болтов агрегата и электродвигателя. Для газодувок с редукторами проведение ревизии подшипников редуктора и газодувки, маслосистем, холодильников и маслофильтров с очисткой и промывкой.

**Текущий ремонт.** Состав работ технического обслуживания. Проверка: состояния редуктора, шестерен и их износа; аксиального и радиального биения рабочих колес; центровки и вибрации газодувки; состояния системы регулирования; износа и крепления деталей ротора; ротора на биение; торцевых и лабиринтных уплотнений, замена изношенных; состояния баббитовой заливки подшипников и регулировка их зазоров или замена подшипников качения; проверка маслососа. Чистка диафрагмы, ротора, рубашки водяного охлаждения и обвязки, крыльчатой и

маслодиафрагм. Замер износа шеек ротора и валов редуктора. Центровка агрегата.

**Капитальный ремонт.** Состав работ текущего ремонта. Статическая и динамическая балансировка ротора. Ревизия рабочих колес, шестерен маслонасоса, посадочных мест корпуса. Замена при необходимости трубного пучка холодильника, полумуфт, зубчатых пар редуктора.

### ***Насосы центробежные***

**Техническое обслуживание.** Проверка и регулировка осевого разбега ротора. Проверка зазора в подшипниках скольжения, проверка состояния подшипников качения. Перенабивка сальников. Проверка состояния нажимных сальниковых втулок. Осмотр соединительной муфты, набивка смазки. Проверка системы охлаждения и смазки. Проверка крепления насоса и электродвигателя к раме и рамы к фундаменту. Проверка центровки насоса с электродвигателем.

**Текущий ремонт.** Состав работ технического обслуживания. Шлифовка или замена защитных гильз вала. Ремонт или замена уплотнительных колец рабочих колес и корпуса. Проверка состояния баббитовой заливки подшипников скольжения, регулировка их зазоров, дефектовка подшипников качения. Проверка ротора на биение и его статическая балансировка, проточка и шлифовка уплотнительных колец рабочих колес. Ремонт или замена деталей торцевых уплотнений, разборка, ревизия и при необходимости замена соединительной муфты. Очистка и промывка масляных емкостей подшипников. Шлифовка разгрузочного диска и его шайбы. Осмотр и восстановление резьбовых соединений насоса. Осмотр и восстановление шеек, шпоночных канавок и резьбы вала. Ремонт нажимных втулок сальниковых уплотнений, замена маслоотбойных и маслосъемных колец, грундбукс, фонарных колец установочных шпилек, центровочных штифтов. Центровка валов насоса и электродвигателя. Проверка состояния приемного клапана. Обкатка и опробование насоса в работе.

**Капитальный ремонт.** Состав работ текущего ремонта. Расточка и загильзовка посадочных мест корпуса насоса под диафрагму, уплотнительные кольца, промежуточные опоры, грундбуксы; нарезка ремонтных резьб, восстановление прокорродированных мест, проточка привалочных поверхностей. Расточка и загильзовка посадочных мест корпусов подшипников, нарезка ремонтных резьб, проточка привалочных поверхностей. Осмотр и замена рабочих колес. Статическая и динамическая балансировка ротора. Ремонт фундамента. Обкатка и испытание насоса.

### ***Центрифуги***

**Техническое обслуживание.** Чистка барабана. Регулировка зазоров. Набивка сальников. Смазка подшипников шнека и замена масла в подшипниках барабана. Проверка крепления болтов, гаек, сопла, центровки валов электродвигателя и редуктора.

**Текущий ремонт.** Состав работ технического обслуживания. Замена сопла резиновых втулок муфты привода. Проверка состояния режущих кромок ножей и замена изношенных; проверка баббитового слоя подшипников барабана и их шабровка с регулировкой зазоров. Ревизия шнека, гидросистемы, редуктора привода с заменой масла и промывкой картера.

**Капитальный ремонт.** Состав работ текущего ремонта. Ревизия тормозов барабана с заменой тормозной ленты, редуктора шнека, масляного насоса, регулировочного клапана и его привода, тахометра. Замена при необходимости ножей, манжет гидросистемы, пальцев и втулок муфты привода, подшипников редуктора привода, подшипников барабана с регулировкой зазора. Промывка и продувка трубопроводов масляной системы.

### ***Фильтр-прессы***

**Текущий ремонт.** Замена сальников, фильтрующих прокладок, кожаных манжет поршня, гидравлического зажима. Осмотр зубчатого

зацепления электромеханического зажима. Проверка центровки электродвигателя с редуктором. Замена смазки в редукторе привода.

**Капитальный ремонт.** Состав работ текущего ремонта. Ревизия и замена плит, рам, задней упорной и нажимной плит, плунжеров I и II ступеней, зубчатой пары, гайки, винта. Замена подшипников качения в редукторе и упорного подшипника электромеханического зажима. Ремонт электромеханического зажима или его замена. Ревизия гидронасоса с заменой изношенных деталей.

### ***Вакуум-фильтры***

**Техническое обслуживание.** Промывка лубрикаторов и маслопроводов, устранение утечек в маслосистеме. Замена масла в редукторах. Осмотр и при необходимости замена смотрстёкол и прокладок под ними. Проверка состояния полумуфт. Замена или добивка сальников.

**Текущий ремонт.** Состав работ технического обслуживания. Ревизия шнека и рихтовка ножа. Замена вкладыша среднего подшипника шнека. Ревизия редуктора и вариатора, упорных подшипников барабана. Ревизия планшайбы, при необходимости – шабровка. Замена сальников цапф и распределительной головки.

**Капитальный ремонт.** Состав работ текущего ремонта. Вскрытие крышки фильтра, замена ткани и проволоки. Проверка состояния сеток и пазов барабана, замена сеток. Ремонт шнека и правка ножа. Проточка и шабровка планшайбы и распределительной головки. Шабровка вкладышей подшипников барабана, опиловка и зачистка цапф. Замена гибких шлангов. Опрессовка барабана. Замена колес, шестерен и червяков редуктора и подшипников качения через два капитальных ремонта.

### ***Трубопроводы***

**Текущий ремонт.** Наружный осмотр. Очистка участков трубопровода от отложений, внутренний осмотр (выборочно). Замер толщины стенок труб, отводов тройников, переходов и т. д. Замена дефектных участков. Испытание на прочность и плотность.

**Капитальный ремонт.** Состав работ текущего ремонта. Замена трубопровода или большей его части.

### ***Задвижки стальные и чугунные***

**Текущий ремонт.** Очистка и промывка деталей. Набивка сальников. Прогонка гайки по шпинделю. Испытание на прочность и плотность.

**Капитальный ремонт.** Состав работ текущего ремонта. Наплавка, проточка, шлифовка, притирка уплотняющих поверхностей, замена колец, клина, плашек шпинделя. Замер толщины стенки корпуса, крышки при обнаружении коррозии и эрозии.

### ***Задвижки приводов***

**Текущий ремонт.** Смена тяг, штока привода. Наплавка кулачков. Замена подшипников привода, набивка сальников. Испытание на прочность и плотность.

**Капитальный ремонт.** Состав работ текущего ремонта. Наплавка и проточка клина, колец. Замена толщины стенки корпуса при обнаружении коррозии.

### ***Вентили***

**Текущий ремонт.** Очистка деталей. Притирка золотника. Набивка сальника. Испытание на прочность и плотность.

**Капитальный ремонт.** Состав работ текущего ремонта. Наплавка и расточка уплотнительной поверхности. Расширение гнезда вентиля. Притирка золотника по гнезду. Замена гнезда шпинделя. Наплавка и расточка направляющей крышки корпуса для штока. Замер толщины стенки корпуса при обнаружении износа.

### ***Контрольные вопросы***

1. Назначение приборов контроля на водоподготовительных станциях.
2. Суть производственного контроля на водохозяйственных комплексах.

3. Основы повышения эффективности работы сооружений водохозяйственных объектов.
4. Основные положения планирования текущих и капитальных ремонтов сооружений водохозяйственных объектов.

## **ТЕМА 7 ОСНОВНЫЕ ПРАВИЛА ЭКСПЛУАТАЦИИ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

### **7.1 Требования к правилам эксплуатации систем водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов**

Правила устанавливают порядок пользования питьевой водой из коммунальных водопроводов и приема сточных вод в городскую систему водоотведения и определяют взаимоотношения между производственными управлениями водопроводно-канализационного хозяйства и абонентами, а именно:

- Для заключения договора между Водоканалом и предприятиями и организациями последние должны представить Водоканалу паспорт водного хозяйства по установленной форме;
- Водоканал обслуживает только те уличные, квартальные и дворовые водопроводные и канализационные сети, а также технологические приборы и устройства на них, которые находятся в него на балансе;
- На присоединение к городским системам водоснабжения и водоотведения Водоканал выдает абонентам технические условия, которые могут содержать мероприятия, направленные на повышение устойчивости работы систем (строительство насосных станций, резервуаров и т.п.).

## **7.2 Прием производственных сточных вод в городскую систему водоотведения**

Прием производственных сточных вод в коммунальные канализации может быть разрешен Водоканалом при условии выполнения абонентами требований «Технических условий на качество и режим сброса сточных вод промышленных предприятий в коммунальную систему канализации населенных пунктов». При этом сточные воды предприятий не должны: нарушать работу канализационных сетей и сооружений;

- содержать более 500 мг/л взвешенных и всплывающих веществ, а также веществ, которые способны засорять канализационные сети или отлагаться на стенках труб;

- оказывать разрушающее действие на материалы труб и элементы сооружений канализации; содержать вредные вещества в концентрациях, препятствующих биологической очистке сточных вод или сбросу их в водоем с учетом эффекта очистки;

- содержать горючие примеси и растворенные газообразные вещества, способные образовывать взрывоопасные смеси в канализационных сетях и сооружениях;

- иметь температуру выше 40°C;
- содержать опасные бактериальные загрязнения;
- содержать нерастворенные масла, а также смолы и мазут;
- содержат биологические жесткие ПАВ;
- содержать концентрацию водородных ионов (рН) ниже 6,5 и выше 9.

Запрещается сброс в городскую (поселковую) канализацию промышленных стоков, у которых ХПК превышает БПК<sub>полн.</sub> более чем в 1,5 раза.



### **7.3 Требования к смеси бытовых и производственных сточных вод при их биологической очистке**

Смесь бытовых и производственных сточных вод при поступлении на сооружения биологической очистки в любое время суток не должна иметь:

- общую концентрацию растворенных солей более  $10\text{г/дм}^3$ ;
- БПК<sub>полн.</sub> выше  $500\text{мг/дм}^3$  при поступлении на биологические фильтры и аэротенки вытеснители и выше  $1000\text{мг/дм}^3$  при поступлении на аэротенки с рассредоточенным выпуском сточных вод.

Присоединение объектов к коммунальным водопроводам и канализациям может быть произведено только после выполнения технических условий Водоканала.

Тарифы на пользование водой от коммунальных водопроводов и прием сточных вод в коммунальную канализацию устанавливаются в соответствии с действующим законодательством.

Лимиты водопотребления и графики на отпуск воды из коммунальных водопроводов по представлению Водоканалов, устанавливаются исполкомами местных Советов в зависимости от технического состояния и пропускной способности (производительности) водопроводных и канализационных сооружений, водопроводной и канализационной сети, но не выше объемов, согласованных техническими условиями на подключение абонента. В случае увеличения водопотребления и объемов водоотведения абонент обязан получить дополнительные технические условия.

Водопроводные вводы до внешнего обреза зданий местных Советов народных депутатов, жилищно-строительных кооперативов, все магистральные и распределительные внутриквартальные сети коммунального водопровода, а также уличные водоразборные колонки, предназначенные для коллективного водопользования, передаются на баланс Водоканала в установленном порядке и им эксплуатируются.

Границей уличной канализационной сети является контрольный колодец на ней, а границей дворовой канализации – первый от здания колодец включительно.

Канализационная сеть, находящаяся на балансе абонента, именуется ведомственной канализационной сетью и обслуживается ведомствами, предприятиями, организациями, учреждениями, которым она принадлежит.

### ***Контрольные вопросы***

1. Общие требования к правилам пользования системами водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов.
2. Требования к сбросу промышленных стоков в городскую систему водоотведения.
3. Требования к смеси бытовых и производственных сточных вод при их биологической очистке.

## **ТЕМА 8 ПРИЕМКА В ЭКСПЛУАТАЦИЮ СООРУЖЕНИЙ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

### **8.1 Состав приемной комиссии при приемке в эксплуатацию сооружений водоснабжения и водоотведения водохозяйственных комплексов**

Вновь построенные и реконструированные сооружения водоснабжения и канализации независимо от их ведомственной принадлежности, принимаются в эксплуатацию в соответствии с требованиями ДБН А.3.1-3-94.

Водоканал обязан осуществлять контроль за строительством водопроводно-канализационных сооружений. Заказчики обязаны включать в

состав рабочих и государственных комиссий по приемке в эксплуатацию водопроводно-канализационных сооружений представителя Водоканала.

Представитель Водоканала должен также включаться в состав комиссий и подписывать акты на скрытые работы и акты гидравлических испытаний.

Построенные и реконструированные водопроводы и канализации должны соответствовать утвержденному проекту.

При наличии отступлений от проекта Водоканалу должны быть представлены рабочие чертежи с изменениями, произведенными в процессе производства работ, и документы о согласовании производственных изменений с заинтересованными организациями.

После выполнения строительных работ по устройству водопроводного ввода и водопроводных устройств, заказчик обязан произвести прочистку, промывку линии, испытание, хлорирование и повторную промывку с возмещением Водоканалу расходов, связанных с использованием на эти цели реагентов, коммунальной воды и приема сточных вод.

## **8.2 Перечень исполнительной документации, передаваемой службе эксплуатации водохозяйственных объектов**

После окончания строительства заказчик передает Водоканалу исполнительную документацию в полном объеме.

Внешние линии водопровода и канализации, водопроводные вводы, находящиеся на балансе абонента, им эксплуатируются. После окончания строительства или реконструкции водопроводно-канализационные объекты, находящиеся на балансе абонента, могут быть переданы в установленном порядке в технически исправном и рабочем состоянии на баланс Водоканала.

Комиссии по приемке - передаче этих сооружений должны быть предъявлены:

- согласованный проект (первый экземпляр);

- акты на скрытые работы; акты гидравлического испытания, промывки и хлорирования водопроводной линии; документы о согласовании производственных изменений рабочих чертежей в процессе производства работ; акты об окончании пуско-наладочных работ;
- исполнительные чертежи (план и профили) в масштабе 1:500;
- справка бухгалтерии заказчика о балансовой стоимости сооружения с пообъектной расшифровкой подлежащего передаче на баланс Водоканала.

### **8.3 Порядок проектирования водоснабжения объектов и присоединение абонентов к коммунальным водопроводам**

Предприятия, организации, учреждения для решения вопроса о подключении здания, сооружения или промышленного объекта к коммунальному водопроводу направляют в Водоканал письмо, где указывается:

- общий максимальный суточный расход воды (для хозяйственных и промышленных нужд);
- средний и максимальный часовой расход воды по объекту;
- максимальный суточный и часовой расходы воды для промышленных нужд;
- противопожарный расход воды;
- необходимый свободный напор на вводе при обычном и пожарном режиме водопотребления.

К запросу прилагается:

- решение исполкомов местных Советов об отводе участка;
- ситуационный план участка в масштабе не менее 1:2000 с обозначением подземных сооружений и привязкой к проездам.

Граждане, имеющие жилые дома на правах личной собственности и желающие присоединиться к коммунальному водопроводу, подают об этом заявление в Водоканал.

К заявлению прилагается:

- копия плана земельного участка;
- сведения о количестве проживающих граждан;
- характеристика подсобного хозяйства (наличие скота, птицы, парников, теплиц, автотранспорта и др.).

Водоканал по получении письма в течение двух недель выдает технические условия о возможности присоединения объекта заявителя к коммунальному водопроводу с учетом мощности головных сооружений, пропускной способности сети и т.п. с указанием условий для проектирования ввода (место врезки, месторасположение водомерного узла, условия для устройства промежуточного резервуара и насосов – повышателей давления, прокладка участков сети и пр.), гарантированных напоров и количества подаваемой воды.

Проект ввода представляется на согласование в Водоканал в двух экземплярах. После согласования проекта первый экземпляр остается в Водоканале, а второй возвращается заявителю.

Рассмотрение проекта производится в 15-дневный срок со дня поступления его в Водоканал.

Согласованный с Водоканалом проект на устройство ввода действителен в течение двух лет со дня согласования. Если проект по истечении этого срока не осуществлен, то он заново подлежит согласованию с Водоканалом, при этом последним могут быть поставлены дополнительные условия.

Присоединение ввода к коммунальному водопроводу (врезка), промывка и хлорирование сети производится заказчиком под техническим надзором Водоканала. Работы по установке водосчетчика могут быть выполнены Водоканалом за счет заказчика. Присоединение вводов к жилым домам, находящимся на правах личной собственности граждан, промывка и хлорирование сети производится Водоканалом за счет домовладельца.

Прием в число абонентов производится абонентскими отделами Водоканалов после представления акта о готовности ввода и получения разрешения Госнадзора на пользование вводом.

Присоединение объектов водопотребления непосредственно к водоводам запрещается. В отдельных случаях по предложению Водоканала и специальному разрешению исполкома местного Совета объект водопотребления может быть временно присоединен к водоводам. В месте присоединения должно быть обязательно предусмотрено устройство обратного клапана, регулятора давления «после себя», и двух задвижек со стороны водовода.

Факт самовольного присоединения к водоводу устанавливается представителем Водоканала. Самовольным присоединением к коммунальному водопроводу считается:

- присоединение, осуществленное без письменного разрешения Водоканала и не оформленное в абонентном отделе Водоканала;

- временное присоединение к водоразборной колонке;

Водоканал имеет право разрешить присоединение водопроводного ввода объекта (субабонента) к водопроводной линии основного абонента независимо от его согласия при условии:

- согласования с Водоканалом проекта присоединения;
- если присоединение не ухудшит водоснабжение основного абонента;
- установки приборов учета воды субабонентом.

### ***Контрольные вопросы***

1. Состав приемной комиссии при сдаче объектов водоснабжения и водоотведения водохозяйственных комплексов.

2. Перечень исполнительной документации, передаваемой заказчиком службе эксплуатации водохозяйственных объектов.

3. Условия проектирования водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов к городским сетям.

## **ТЕМА 9 УЧЕТ ВОДЫ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

### **9.1 Особенности использования водосчетчиков в системах водоснабжения водохозяйственных объектов**

#### ***Водосчетчики***

Водосчетчики приобретаются абонентом и являются его собственностью.

Установка водосчетчиков на водопроводных сетях абонентов должна производиться в соответствии с проектом и техническими условиями. При наличии условий и возможности необходимо организовать групповой учет водопотребления.

Водосчетчики, устанавливаемые на водопроводных вводах и сетях абонентов, должны быть рассчитаны на пропуск максимальных расчетных расходов воды без учета подачи воды на внутренне пожаротушение.

При отсутствии в подвале здания помещения для установки водомерного узла по разрешению Водоканала водосчетчик может быть установлен в подъезде здания, под полом в специальной камере, утепленной будке или внутри здания (за второй стеной со стороны ввода трубы) или непосредственно в квартире.

Абонент обязан:

- обеспечивать защиту помещений водомерных узлов от грунтовых, талых и дождевых вод и других вредных воздействий, содержать помещения в чистоте. За убытки, нанесенные владельцу материальных ценностей, из-за повреждения внутренней водопроводной сети или водомерных узлов

Водоканал ответственности не несет. Причины и виновных в затоплении подвальных помещений водой, в каждом конкретном случае определяет экспертный совет местных Советов;

- обеспечить надежную гидроизоляцию помещений, по которым проходят трубы водопроводных вводов и помещений водомерных узлов от помещений, в которых находятся товарно-материальные ценности;

- не допускать в помещение водомерного узла посторонних лиц и обеспечить доступ представителей Водоканала к водосчетчикам;

- не допускать замерзания водомерного узла и подводящих к водосчетчику труб;

- место расположения водосчетчика и место нахождения ключа от помещения должно быть указано в табличке, устанавливаемой на видном месте;

- содержать в технически исправном состоянии трубы и оборудование внутренних водопроводных сетей, находящихся на его балансе;

- в случае порчи от мороза приборов учета расходов воды, запорной арматуры на водопроводном вводе ответственность за утечку воды и за причиненные убытки несет абонент в соответствии с настоящими Правилами;

- все водосчетчики, независимо от срока их эксплуатации, один раз в два года подлежат поверке представителем Водоканала с установкой пломбы с поверительным клеймом;

- установка, замена, ремонт и поверка водосчетчиков, не состоящих на балансе Водоканала, должны производиться за счет абонента силами Водоканала;

- при необходимости Водоканал имеет право снимать водосчетчик для контрольной поверки до истечения двухлетнего срока эксплуатации;

- абонент отвечает за сохранность водосчетчиков, пломб запорной арматуры, манометра и другого оборудования водомерного узла, независимо от его размещения;



В случае нарушения оборудования водомерного узла (поломка стрелок, стекла, циферблата, срыв пломб и т.п.) абонент обязан приобрести новый водосчетчик или оплатить стоимость демонтажа, ремонта и установки его.

## **9.2 Регулирование свободных напоров в системах водоснабжения водохозяйственных объектов**

При недостаточном напоре в коммунальной водопроводной сети для снабжения водой верхних этажей зданий по проектам, согласованным с Водоканалом, предусматривается установка насосов для повышения напора, а при постоянном избыточном давлении более  $1\text{ кг/см}^2$  – регуляторы давления «после себя».

Насосные станции подкачки и регуляторы давления, размещенные внутри жилых зданий, находятся на балансе абонента и им эксплуатируются независимо от ведомственной принадлежности.

Насосное оборудование для подкачки холодной воды и регуляторы давления, установленные в тепловых пунктах, находится на балансе и эксплуатируется теплоснабжающими организациями.

Управление Водоканала возмещает расходы по эксплуатации насосного оборудования:

- установленных в жилых зданиях местных Советов – жилищно-эксплуатационным организациям;
- установленных в котельных, центральных тепловых пунктах и т. д. теплоснабжающим организациям.

Водонапорные баки должны очищаться и дезинфицироваться не реже двух раз в год за счет владельца.

Абонент обязан не реже одного раза в квартал производить анализ воды из водонапорных баков силами лабораторий органов Госсаннадзора.

Помещения водонапорных баков должны быть закрыты, а ключи храниться у лиц, ответственных за их состояние и сохранность.

### 9.3 Безводомерный учет воды

В случае отсутствия приборов учета воды или при их неисправности учет поданной и реализованной воды ведется следующим образом:

- на насосных станциях – по числу часов работы насосов и их производительности;
- у абонентов – по нормам водопотребления.

При учете количества поданной воды по числу часов работы насосов необходимо особо тщательное ведение журнала на насосной станции с указанием времени включения и выключения каждого насоса.

Для обеспечения точности учета воды необходимо не реже одного раза в год производить проверку производительности насосов.

Проверка осуществляется:

- объемным способом;
- солевым способом;
- по потребляемой мощности электродвигателей и т.д.

Определение производительности насоса (или группы насосов) объемным способом производится путем измерения времени наполнения или опорожнения резервуара при работе каждого насоса в отдельности и при их различных сочетаниях.

Работа производится в следующем порядке:

- отключаются все насосы, как подающие воду в резервуар, так и забирающие ее;
- по рейке фиксируется уровень воды в резервуаре, по часам – время начала измерения;
- в работу включается испытуемый насос (или группа насосов). Работа продолжается 1,5–2 ч;
- по истечении установленного времени испытуемый насос (или группа насосов) выключается из работы. По рейке фиксируется новый уровень воды в резервуаре;

- подсчитывается объем воды, поступившей в резервуар за время испытания.

Производительность насоса определяется по формуле:

$$q = \frac{Q}{t}, \quad (9.1)$$

где  $Q$  – объем воды, поступившей в резервуар за время испытания, м<sup>3</sup>;

$t$  – время испытания, ч.

Необходимо учитывать, что в случае одновременной работы двух насосов в одну и ту же линию общая подача их не равна суммарной производительности обоих насосов, а будет значительно меньше. Поэтому для правильного определения суммарной подачи воды для каждой группы насосов она должна быть проверена указанным выше объемным способом.

Солевой способ определения производительности насосов основан на определении степени разбавления в насосе концентрированного раствора поваренной соли.

Работа ведется в следующем порядке:

- на всасывающей линии насоса делается приспособление для присоединения шланга, служащего для ввода в трубопровод солевого раствора, шланг хорошо промывается и присоединяется ко всасывающему трубопроводу;

- в емкости объемом 10 л готовится крепкий раствор поваренной соли (1–1,5 кг на 10 л воды). Полученный раствор вымеряется по объему, перемешивается, после чего производится определение в нем хлоридов. Содержание хлоридов в растворе соли определяется после разбавления пробы в 200 раз.

С целью исключения ошибки анализ повторяется дважды для получения сходных результатов:

- свободный конец шланга погружается в десятилитровую емкость с чистой водой, при этом под действием вакуума вода засасывается к насосу и еще раз промывает шланг;

- через 5–6 мин после промывки шланга производится 2–3 кратное определение хлоридов в подаваемой воде (после насоса) до получения сходных результатов;

- свободный конец шланга переносится в емкость с готовым раствором соли. Под действием вакуума солевой раствор засасывается к насосу. Одновременно с помощью секундомера фиксируется время сработки вымеренного объема раствора;

- на протяжении всего периода впуска раствора в насос в напорной линии с интервалами 20–30 сек. берутся пробы воды (5–7 проб), в которых определяется содержание хлоридов. В основу дальнейшего расчета принимаются анализы с наибольшей сходностью.

Все анализы на содержание хлоридов производятся титрованием азотнокислым серебром в присутствии двуххромовокислого калия, расчет производительности насоса  $Q$  в л/с ведется по формуле проф. С.Х. Азерьера:

$$Q = (Aq) : (B - b)T, \quad (9.2)$$

где  $A$  – содержание хлоридов в растворе соли, мг/л;

$B$  – содержание хлоридов в пробе воды за насосом;

$b$  – содержание хлоридов в подаваемой воде до ввода солевого раствора;

$q$  – количество введенного раствора в л за время  $T$  в с.

Проверка производительности насосов по потребляемой мощности электродвигателей рекомендуется для средне- и высоконапорных насосов; проверка дает погрешность в пределах 5–7%. Этот способ удобен для определения количества подаваемой воды при разных режимах работы насосов.

Расчет полезной мощности электродвигателя  $N_{\text{пол}}$  в кВт ведется по формуле:

$$N_{\text{пол}} = \frac{QH}{102\eta}, \quad (9.3)$$

где  $Q$  – производительность насоса, м<sup>3</sup>/ч;

$H$  – полный напор, определяемый по манометру и вакуумметру, м;

$\eta$  – коэффициент полезного действия агрегата;

102 – переводной коэффициент.

#### 9.4 Структура неучтенных расходов и потерь воды

**Водный баланс** – это технология учета всей произведенной воды.

Схема водного баланса предприятия представлена на рисунке 9.1.

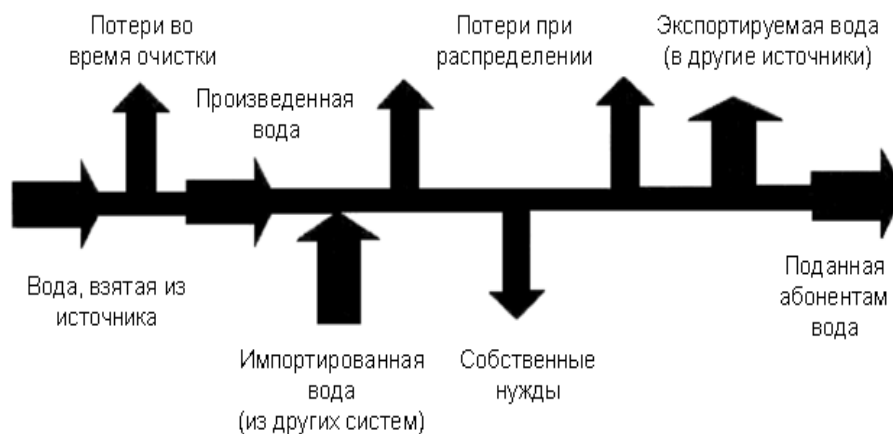


Рисунок 9.1 – Схема водного баланса предприятия

Разница между объемами изъятия воды из источника и поступления на очистные сооружения обусловлена расходами воды на обеспечение нормальной работы водозаборных сооружений, а также утечками воды из устройств на трубопроводах, связывающих водозаборные и очистные сооружения.

Разница между объемами подачи и реализации воды связана, с одной стороны, с расходами на обеспечение нормальной работы водоводов и водопроводных сетей (промывка и дезинфекция, различного рода гидравлические испытания), а с другой, – потерями воды при ее транспортировании в сети (утечка из не плотностей соединения труб и потери воды при авариях).

Потери воды можно классифицировать на следующие две основные группы:

- потребительские (потери реализованной товарной продукции);
- технологические (потери питьевой воды в процессах ее добычи, производства и транспортирования к потребителям).

Кроме того, к потерям товарной продукции должны быть отнесены неучтенные расходы воды.

Потери реализованной продукции, т.е. оплаченной предприятию водоснабжения, определяются разницей между объемами фактической реализации воды потребителям и ее рациональной расчетной потребностью.

Выражение «потери воды» и «неоплаченная вода» используются не на всех предприятиях, в некоторых предпочтение отдается термину «неучтенная вода».

Неоплаченная вода — это «вода, взятая из источника минус вода, оплаченная» включает в себя все потери.

Международная Водная Ассоциация определяет потери воды как:

**Потери воды = «реальные потери» + «видимые потери».**

Выражение «реальные потери» является синонимом выражения «физические потери».

Реальные потери состоят из утечек в трубах, соединениях, фитингах, переливов резервуаров и т.д.

Объем потерь воды зависит в основном от возраста сети, материала труб, специфики работы предприятия и т.д. Основными расчетными параметрами при оценке утечек воды являются:

- давление в сети;
- количество и частота возникновения утечек и порывов;
- количество зарегистрированных утечек;
- время, необходимое на обнаружение утечек;
- время, необходимое на локализацию утечек.

Технологические потери на предприятиях по производству питьевой воды определяются, с одной стороны, качеством исходной воды и принятой технологической схемой ее очистки, а с другой – требованиями местных органов Государственного санитарного надзора к периодичности технического обслуживания очистных сооружений. Эти потери зависят от условий добычи, производства и транспортирования воды. При эксплуатации систем водоснабжения потери воды связаны с промывкой, дезинфекцией и гидравлическими испытаниями трубопроводов, при технических и профилактических ремонтах, обслуживании сетей и арматуры, а также при производстве натурных обследований для оценки пропускной способности действующей системы и разработки мероприятий по ее интенсификации.

Суммарные технологические расходы и потери по отношению к объему реализации воды допускаются в пределах от 22 до 35 %. Фактически эти расходы могут достигать до 50 % от объема реализации воды.

Утечки воды из водопроводной сети и сооружений на ней можно условно разделить на два вида: видимые и скрытые.

К видимым относят утечки из водоразборных колонок и пожарных гидрантов, установленных на сети, а также все виды подтекания воды (течи, капли, потение) через не плотности соединений или дефекты в водоразборной сетевой арматуре, смонтированной в колодцах или камерах, т.е. в доступных для внешнего осмотра местах. Кроме того, видимыми утечками считаются потери воды при повреждениях и авариях на трубопроводах, когда вода изливается из поврежденных мест и выходит на поверхность (или затопливает подвалы близлежащих зданий и другие подземные сооружения и коммуникации).

Потери воды, возникающие из-за незначительных повреждений трубопроводов и арматуры, практически не устранимы, хотя величина этих скрытых потерь может составлять 15–20% от общей подачи воды в сеть. По зарубежным данным скрытые потери воды в трубопроводах систем

водоснабжения при хорошем уровне их эксплуатации составляют примерно 8–10%.

Неучтенные расходы и потери воды можно разделить на следующие самостоятельные группы и нормировать величину каждой группы отдельно:

- технологические расходы воды  $Q_{тех}$  на собственные нужды эксплуатации водопроводно-канализационного хозяйства. Сюда следует отнести расходы на опорожнение, промывку, дезинфекцию сетей и сооружений, в том числе и канализационных сетей, и сооружений;
- расходы воды на противопожарные нужды  $Q_{пож}$  (тушение пожаров, пожароучения и проверка пожарных устройств);
- расход из водоразборных колонок  $Q_{кол}$ ;
- расход воды, не учитываемый водосчетчиками у потребителей вследствие их метрологических характеристик  $Q_{неучт}$ ;
- непредвиденные расходы  $Q_{ав}$  вследствие аварий на сетях и др.;
- скрытые утечки воды  $Q_{ут}$  из наружных водопроводных сетей;
- естественная убыль  $Q_{уб}$ ;
- хищения воды  $Q_{хищ}$ .

## 9.5 Порядок определения неучтенных расходов и потерь воды

В структуру неучтенных расходов воды при калькулировании ее себестоимости согласно Инструкции, надлежит включать следующие:

- Расходы воды, необходимые для обслуживания производственных систем водоснабжения и собственных хозяйственно-питьевых нужд, без чего нормальная эксплуатация систем водоснабжения и выполнение договоров по оказанию услуг абонентам невозможны;
- Расходы на противопожарные нужды и цели пожаротушения, поскольку подача воды на указанные цели в соответствии с нормативными документами является одной из основных задач систем коммунального водоснабжения и организаций ВКХ;



- Расходы воды, незарегистрированные установленными средствами измерения по их метрологическим характеристикам и погрешностям измерения в силу их технических параметров и невозможности влияния на них со стороны персонала организации ВКХ;

- Объемы потерь воды вследствие аварий, нарушения герметичности трубопроводов и устройств на сети, в том числе скрытые утечки воды, определяемые для каждого населенного пункта и системы водоснабжения. Размер этих потерь, включаемый в себестоимость, устанавливается собственником систем водоснабжения;

- Объемы воды, приходящиеся на естественную убыль при транспортировке, хранении и передаче абонентам.

Различают следующие основные технологические потери и расходы воды:

- Технологические расходы воды при подъеме, очистке и транспортировании этой воды (промывка отстойников, баков, осветлителей и др.; подача воды на хлораторы; приготовление растворов реагентов; охлаждение оборудования; работа лабораторий и т.д.), включая технологические расходы на вспомогательных объектах предприятия (котельные; технологические процессы вспомогательного производства; мытье машин, механизмов и оборудования; уборка и содержание сооружений в надлежащем санитарном состоянии).

- Потери воды на очистных сооружениях водопровода (потери через повреждения трубопроводов, при опорожнении труб для проведения ремонтов, утечки через смоченную поверхность емкостных сооружений, утечки через не плотности запорной арматуры, установленной на выпусках промывных вод и осадков из отдельных сооружений).

- Потери и неучтенные расходы из системы подачи и распределения воды (потери при повреждении водоводов, при опорожнении труб для проведения ремонтов, утечки из водоразборных колонок и резервуаров чистой воды в системе подачи и распределения воды, а также неучтенные

расходы из-за недостаточной чувствительности и ухудшения метрологических характеристик средств измерения и расход на противопожарные цели.

- Расходы на хозяйственно-питьевые нужды работников ВКХ.
- Расходы воды на содержание зон санитарной охраны и сооружений водоснабжения в надлежащем состоянии.

Определяется также объем сточных вод, образующихся в процессе производства  $1000\text{м}^3$  питьевой воды.

ТНИВ на  $1000\text{м}^3$  сточных вод, принятых в канализацию, включают:

- Технологические потери воды, т.е. на сбор и транспортирование сточной жидкости от потребителей до очистных сооружений, на очистку сточных вод и выпуск в водоем, на вспомогательных объектах канализационного хозяйства;

- Расходы на сбор и транспортирование сточных вод включают расход на промывку канализационных сетей, коллекторов и напорных трубопроводов, а также на охлаждение;

- Технологические расходы воды на очистку и сброс в водохранилище стоков включают расходы на охлаждение подшипников, насосно-компрессорного оборудования, на промывку трубопроводов и сооружений перед ремонтными работами, на подачу воды на хлораторы, на работу лабораторий. Расходы воды на вспомогательных объектах включают расходы на технологические нужды котельных и химводоочистки, на процессы вспомогательного производства, мытье машин, механизмов, а также на санитарное содержание объектов;

- Расходы на хозяйственно-питьевые нужды работников канализационного хозяйства.

- Расходы на содержание санитарно-защитных зон и сооружений определяют в зависимости от площади твердых покрытий и зеленых насаждений;

- Дополнительный объем сточных вод, образующийся в процессе сбора, транспортирования и очистки  $1000\text{м}^3$  сточных вод, принятых в канализацию (учитывается объем поверхностного стока, который поступает в канализацию, дренаж грунтовых вод, сброс снега в коллектор, слив сточных вод из ассенизационных машин и др.).

### ***Контрольные вопросы***

1. Особенности эксплуатации водосчетчиков в системах водоснабжения водохозяйственных объектов.
2. Регулирование свободных напоров в системах водоснабжения водохозяйственных объектов.
3. Безводомерный учет воды.
4. Структура неучтенных расходов и потерь воды.
5. Порядок определения неучтенных расходов и потерь воды

## **ТЕМА 10 ВОДОУЧЕТ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

### **10.1 Мероприятия по сокращению величины утечек воды из систем водоснабжения водохозяйственных объектов**

Работы по сокращению величины утечек должны включать:

- обновление планов водопроводных сетей, сверку расположения труб, соединений и подключений;
- сверку номеров и типов счетчиков, дат установки, размеров и их соответствие данным, указанным на плане;
- анализ оплаты потребителей за воду по правильному тарифу, и уведомление их об изменении тарифов;

- проверку наличия незаконных подключений. При обнаружении таковых необходимо отключить их или переговорить с подключившимися потребителями по поводу возмещения стоимости забранной воды;

- измерение объемов воды «свободного потребления» (пожарные команды, парки с фонтанами);

- замену или ремонт не работающих счетчиков;

- фиксирование счетчиков, подлежащих замене;

- проведение оценки водопотребления. В тех точках, где потребление слишком мало или меньше, чем в других аналогичных узлах, необходимо провести проверку состояния механизма счетчиков;

- замену всех счетчиков, старше 10 лет;

- анализ показаний счетчиков за 1–2 года и сравнение данных с начислением;

- отражение усовершенствований сети в начислениях. Если производится установка счетчика, то необходимо, чтобы потребитель знал о новом тарифе, по которому ему необходимо будет производить оплату;

- замена старых счетчиков на новые. Если у предприятия имеются достаточные средства, лучше всего устанавливать современные счетчики, которые не будут нуждаться в слишком частых поверках и гарантируют точность показаний в течение всего срока эксплуатации;

- проведение сверки показаний счетчиков;

- составление выборочной сверки предоставленных и реальных показаний за сутки;

- проверка программ начислений.

## **10.2 Приборы учета воды в системах водохозяйственных объектов, характеристика их**

Учет воды водохозяйственных объектов осуществляется следующими приборами:

**Крыльчатые водомеры.** Они работают по следующему принципу: вода, попадая по патрубкам в измеритель, с определенной силой воздействует на колесо, заставляя его вращаться. Зачастую крыльчатые счетчики называют измерителями скорости, поскольку мощность потока напрямую зависит от скорости прохождения воды через патрубки. Вращение колесика посредством шестеренки передается одометру, который отображает данные на дисплее.

Такой тип счета называется «выведенным», поскольку точный объем воды не измеряется, а измеряется лишь количество вращений колеса. Из этого числа выводится объем воды, прошедший через водомер. Такие водомеры отличаются ограниченной способностью измерения и недостаточной точностью показаний.

**Поршневые или объемные счетчики.** В данном типе приборов отсутствуют проблемы, встречающиеся в крыльчатых счетчиках, поскольку при каждом движении поршня через прибор проходит определенный объем воды. Такие водомеры более точны, поскольку фиксируют лишь реально прошедшую через них воду. Недостаток их заключается в быстром износе механических частей.

**Электронные счетчики.** Многие производители используют термин «электронные» для приборов, которые на самом деле являются механическими, но имеют некоторые электронные составляющие (например, для отображения данных на дисплее и для перевода данных). На самом деле такие приборы учета не являются электронными и имеют те же недостатки, что и механические.

Приборы учета, которые на самом деле являются электронными, не имеют подвижных частей и измеряют поток без помощи механических средств.

Данные счетчики более точные и работают гораздо дольше рассмотренных выше. К тому же они:

- не регистрируют воздух, проходящий через систему;
- на них не оказывают влияния мелкие частицы, проходящие по системе, которые могут повредить механические счетчики.

Электронные счетчики лучше подходят для работы с системой AMR.

Существует несколько приборов электронного измерения расходов, но наиболее распространенными считаются следующие:

***Счетчик колебания жидкости.*** Эти счетчики являются точными в показаниях и прочными по своей структуре. Точность их показаний близка к 100% практически при любой производительности. Именно поэтому эти приборы хорошо использовать в домашних условиях, где расход не превышает 0,2 литров в минуту.

Счетчик построен таким образом, что вода в измерительном отсеке колеблется от стенки к стенке, с частотой прямо пропорциональной мощности потока. Объем воды при каждом колебании приблизительно одинаков. Колебания воды фиксируются электронной системой определения потока, в которой используются мощные магниты, расположенные с двух сторон канала. Во время колебания воды внутри магнитного поля, в ней возникает электрический заряд, который фиксируется электродами. Сигнал, производимый электродами, улавливается, фильтруется и передается на микропроцессор, производящий измерение.

В таких измерителях нет подвижных составляющих (кроме воды, проходящей сквозь него), поэтому он не подвержен износу. Поскольку счетчик зависит от электропроводности воды, то измерения воздуха, находящегося в системе, не проводится.

Важной особенностью сенсорной системы является то, что преобразователь действует как генератор энергии. Эта особенность важна для электронных счетчиков, которым необходим источник энергии для работы дисплея. Замена батареи в таком приборе учета может потребоваться только после десяти лет работы.

***Электромагнитные счетчики.*** В настоящее время такой тип счетчиков используется только на крупных промышленных предприятиях. Для их работы необходимы источники энергии.

### 10.3 Обоснование выбора калибра счетчика водомера

Все водомеры предназначены для работы с расходами ограниченной производительности. Производительность счетчиков выражается в литрах в минуту, со средней точкой, выраженной в м<sup>3</sup>/час. Средняя точка используется для определения типа счетчика. Таким образом, счетчики производительностью 1500 л/мин легко справятся с потоком расходом 50 л/мин.

Минимальный и максимальный расход потока важен в тех системах, где он часто меняется. При превышении допускаемого расхода счетчик может начать давать неточные показания. К тому же, счетчик, который в течение некоторого времени работал с потоком большей производительности, может выйти из строя, в любой момент, даже если поток в системе уже будет нормирован.

Минимальная производительность потока очень важна во время измерений в бытовых условиях. Средний расход потока, например, в жилых домах Великобритании составляет около 3 литров в минуту. В тех районах, где система существенно повреждена, расход потока снижается до 0,2 л/мин. Если счетчик не рассчитан на измерение настолько малых расходов, то его показания не будут точными, а водоканал потеряет значительные средства на объемах неучтенной воды.

Счетчики подразделяются на классы А, В, С, D в зависимости от их точности. Точность показаний при различном расходе рассчитывается по формуле, основанной на калибре счетчика. Приблизительно результаты расчетов выглядят следующим образом:

класс А – 1,00 л/мин;

класс В – 0,50 л/мин;

класс С – 0,25 л/мин;

класс D – 0,20 л/мин.

Наибольшее предпочтение отдается счетчикам класса С.

### ***Контрольные вопросы***

1. Мероприятия по сокращению величины утечек воды из систем водоснабжения водохозяйственных объектов.
2. Приборы учета воды в системах водохозяйственных объектов, характеристика их.
3. Механические счетчики учета воды, характеристика их.
4. Электронные счетчики учета воды, характеристика их.
5. Калибр счетчика воды, определение его.

## **ТЕМА 11 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТ НА СООРУЖЕНИЯХ ВОДОСНАБЖЕНИЯ И ВОДООТВЕДЕНИЯ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

### **11.1 Лабораторно-производственный контроль**

Лабораторно-производственный контроль на сооружениях водохозяйственных объектов делится на несколько элементов:

- контроль качества воды, поступающей на очистные сооружения;
- контроль качества воды на всех стадиях ее очистки, включая воду, подаваемую потребителям;
- контроль качества поступающих на станцию реагентов;
- контроль технологических параметров загрузочных материалов;
- контроль качества затворения, растворения и дозировки реагентов.

На станциях, имеющих полный комплекс водоочистных сооружений, пробы воды в системах водоснабжения и водоотведения для анализов отбираются в следующих точках:



- перед смесителем или в местах водозабора (исходная вода, не обработанная реагентами);
- в конце смесителя (вода, обработанная хлором, коагулянтами, известью и другими реагентами);
- в конце камер реакции (вода, содержащая коагулированные хлопья взвеси);
- после каждого отстойника или осветлителя (осветленная вода);
- перед фильтрами и контактными осветлителями;
- после каждого фильтра или контактного осветлителя (профильтрованная вода);
- в резервуарах чистой воды (очищенная вода, прошедшая вторичное хлорирование, аммонизацию и другие виды обработки);
- в водоводах, по которым очищенная вода подается потребителям.

## 11.2 Санитарно-экологический анализ воды

Санитарно-экологический анализ воды может быть полным и кратким.

Краткий анализ включает в себя определение следующих показателей: температуры, запаха и привкуса, цветности, прозрачности (мутности), окисляемости аммиачного, нитритного и нитратного азота, общего железа, щелочности, рН, хлоридов, остаточного хлора (хлорированная вода), общего числа бактерий и коли-титра.

При полном санитарном анализе, проводимом один раз в месяц, кроме показателей краткого анализа, определяют содержание в исходной и очищенной воде сульфатов, окиси кальция и магния, жесткость воды и целый ряд других параметров.

Пробы воды отбираются в следующих точках технологической схемы:

- перед смесителем;
- в конце смесителя;
- на выходе из каждого осветлителя;

- после каждого фильтра и в общем коллекторе;
- после резервуаров чистой воды.

Наименования проб воды:

- исходная вода;
- коагулированная вода;
- осветленная вода;
- профильтрованная вода;
- очищенная вода, подаваемая в город.

### **11.3 Система лабораторно-производственного контроля на очистных сооружениях водоотведения**

Система лабораторно-производственного контроля на очистных сооружениях водоотведения состоит из групп:

- отбора проб; определения физических показателей и физико-химических свойств жидкости; определения содержания азота в различных формах (общий, нитриты, нитраты и т.д.), фосфатов, сульфидов и хлоридов;
- лаборатория анализа осадков сточных вод, состоящая из групп: отбора проб; количественного анализа взвешенных веществ и активного ила; анализа химического состава осадка, активного ила, песка, отбросов;
- лаборатория санитарно-гигиенической оценки, состоящая из групп: бактериологической; гельминтологической; гидробиологической;
- группа технологической оценки работы определенного сооружения очистки.

#### ***Номенклатура анализов, выполняемых в лабораториях водоотведения***

Первая лаборатория должна выполнять все физико-химические анализы, которые дают представление о концентрации и суточном количестве загрязнений, поступающих на очистку, оценивает степень пригодности сточных вод для биологической очистки. Кроме того, готовит

данные об эффективности очистки на отдельных сооружениях и станции в целом, о характеристике очищенной воды.

Вторая лаборатория анализирует количество и качество отбросов, песка, сырого осадка из первичных отстойников, осадка, сбрасываемого в метантенках и подсушиваемого на иловых площадках, и активного ила.

Третья лаборатория выполняет бактериологические, гельминтологические и гидробиологические исследования проб поступающей сточной жидкости, осадка, сбрасываемого в метантенках и подсушиваемого на иловых площадках, активного ила (в аэротенках) или пленки (в биофильтрах), очищенной сточной жидкости и водоема в месте выпуска очищенной воды.

Группа технологической оценки концентрирует все результаты анализов, выданные аналитическими лабораториями, обрабатывает их; замеряет или контролирует эксплуатационные замеры расходов сточных вод, осадка, активного ила, пара, сжатого воздуха и электроэнергии; рассчитывает удельные характеристики основных параметров (интенсивность аэрации, удельные расходы электроэнергии, воздуха, пара и т.д.), рабочие нагрузки по объему, поверхности на ил и т.д.

#### **11.4 Материально-техническое обеспечение лабораторно-производственного контроля**

Необходимые следующие минимальные размеры помещения лаборатории: химическая комната 20м<sup>2</sup>, весовая 6м<sup>2</sup>, бактериологическая комната 20м<sup>2</sup> со средоварочной и моечной 10м<sup>2</sup>, кладовая 6–10м<sup>2</sup>, кабинет заведующего 8–10м<sup>2</sup>, желательно иметь гардеробную.

Лаборатории должны быть оснащены:

- системами водоснабжения и канализации;
- электроэнергией;
- системами отопления и вентиляции;

- лабораторной мебелью и оборудованием;
- реагентами (склад);
- аптечкой;

В лаборатории желательно иметь подсобный столик с набором слесарных инструментов: плоскогубцами, кусачками, тисками, рашпилями, напильниками, сверлами, паяльной лампой, ножными мехами.

Большие нагревательные приборы: термостат, сушильный шкаф и автоклав помещают возле входа.

### ***Контрольные вопросы***

1. Основные элементы лабораторно-производственного контроля на очистных сооружениях.
2. Основные точки технологической цепи для отбора проб для анализов.
3. Виды санитарно-экологического анализа воды.
4. График лабораторно-производственного контроля на очистных сооружениях.
5. Система лабораторно-производственного контроля на очистных сооружениях канализации.
6. Номенклатура анализов, выполняемых в лабораториях О.С.К.
7. Материально-техническое обеспечение лабораторно-производственного контроля.

## **ТЕМА 12 ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ НА ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТАХ**

### **12.1 Основные задачи системы технического обслуживания на водохозяйственных объектах**

Основные задачи системы технического обслуживания на водохозяйственных объектах – это предупреждение преждевременного износа трубопроводов, сооружений и оборудования, обеспечение надежности их работы, снижение затрат и повышение качества проведения ремонтных работ на предприятиях ВКХ для бесперебойной подачи воды, отвечающей требованиям государственного стандарта на питьевую воду, отводу и очистке до установленных требований сточных вод.

Система технического обслуживания водохозяйственных объектов предусматривает проведение следующих практических мероприятий:

- определение перечня строений, сооружений и оборудования, подлежащих ремонту;
- определение видов, характера ремонтных работ и их объемов;
- определение межосмотровых и межремонтных периодов, структуры ремонтных циклов для различных видов сооружений и оборудования с учетом условий их работы;
- планирование ремонтных работ;
- определение источников финансирования;
- организацию производственной базы для выполнения ремонтных работ;
- внедрение современных методов ремонта с использованием средств механизации и методов восстановления изношенных сооружений, оборудования и их отдельных элементов;

- внедрение действующих «Правил технической эксплуатации сооружений и оборудования разного назначения»;
- организацию контроля за техническим обслуживанием строений, сооружений и оборудования;
- организацию контроля качества ремонтов.

В целях своевременного выявления и предупреждения неисправностей, износа и других недостатков в сооружениях и оборудовании, кроме дежурного обслуживания, должны проводиться периодические осмотры.

Периодические осмотры представляют собой комплекс профилактических мероприятий, направленных на обеспечение наивыгоднейших условий работы сооружений и оборудования, своевременного предупреждения неисправностей и отказов.

В процессе осмотра проводится запись всех замеченных дефектов в журнале осмотров и ремонтов строений, сооружений и оборудования водохозяйственных объектов (рис. 12.1).

Во время осмотров проверяют состояние сооружений и оборудования, производят очистку, промывку, продувку, устранение течей и другие профилактические работы.

На основании записей, в журнале осмотров и ремонтов и в журналах эксплуатации составляют дефектную ведомость, в которой указывают неисправности и мероприятия по их устранению (рис. 12.2).

Наименование предприятия \_\_\_\_\_

**ЖУРНАЛ ОСМОТРОВ И РЕМОНТОВ  
СТРОЕНИЙ, СООРУЖЕНИЙ И ОБОРУДОВАНИЯ**

III

№	Дата осмотра	Наименование строения, сооружения или оборудования, регистрацион- ный номер	Вид необходимого ремонта (текущий, капитальный, перечень намеченных работ)	Предлагаемые сроки ремонта (начало и окончание работ)	Подпись лица, ответственного за проведение осмотра	Выполнение работ		
						Время начала и окончания ремонта	Продолжи- тельность ремонта (дней, часов)	№№ актов и дата приемки объектов в эксплуатацию после ремонта
1	2	3	4	5	6	7	8	9

Наименование предприятия \_\_\_\_\_

Рисунок 12.1 – Журнал осмотров и ремонтов строений, сооружений и оборудования

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель предприятия

### ДЕФЕКТНАЯ ВЕДОМОСТЬ

на \_\_\_\_\_

/указать наименование и регистрационный номер объекта и вид ремонта/

Составлена « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ года

№ п/п	Опись дефектов с указанием единиц измерения и объемов работ	Время, необходимое для выполнения ремонта	Необходимые материалы, комплектующие и механизмы для выполнения ремонта	Наименование и количество выхода материалов от разборки	Фамилии, имена, отчества и подписи лиц, которые проводили осмотр
1	2	3	4	5	6

Рисунок 12.2 – Дефектная ведомость



## **12.2 Основные виды работ по техническому обслуживанию водохозяйственных объектов**

Работы по техническому обслуживанию водохозяйственных объектов подразделяются на два вида: текущий и капитальный ремонты.

Текущий ремонт предусматривает проведение работ по систематической защите частей сооружений и оборудования от преждевременного износа путем осуществления профилактических мероприятий и устранения незначительных повреждений и неисправностей.

Расходы на текущий ремонт относят на эксплуатационные расходы предприятия.

Текущий ремонт выполняют регулярно в течение года по графикам, составленным службами эксплуатации предприятия на основании результатов осмотров, а также заявок работников, ответственных за эксплуатацию строений, сооружений и оборудования.

В объем текущего ремонта включают:

- а) профилактические работы, планируемые заранее;
- б) дополнительные работы, потребность в которых возникла в процессе эксплуатации (непредвиденные работы, аварийный ремонт).

Ремонтные работы в объеме текущего ремонта, которые выполняются при капитальном ремонте, осуществляются за счет средств на капитальный ремонт.

Текущий ремонт осуществляется силами ремонтных цехов или постоянных ремонтно-строительных бригад, эксплуатационным персоналом, ремонтно-строительными или другими организациями.

Капитальный ремонт строений, сооружений и оборудования осуществляется по годовым планам подрядными ремонтно-строительными или другими специализированными организациями либо ремонтными бригадами предприятий.

К работам, которые выполняются за счет средств капитального ремонта, могут быть отнесены:

а) пусконаладочные работы по установке приборов учета расхода воды, газа и осадка, и измерения необходимых параметров технологических процессов;

б) работы по автоматизации и переходу на дистанционное управление производственными процессами;

в) наладочные работы, проводимые в целях интенсификации и оптимизации технологического режима;

г) работы по реконструкции, расширению, благоустройству и техническому перевооружению, восстановлению оборудования, которые заменяют капремонт и повышают эксплуатационную эффективность;

д) работы по перекладке участков изношенных труб;

е) работы по защите от коррозии трубопроводов и других инженерных сооружений.

### **12.3 Структурная схема ремонтного цикла водохозяйственных объектов**

Ремонтный цикл при технологическом обслуживании водохозяйственных объектов (Ц) – это промежуток времени между капитальными ремонтами.

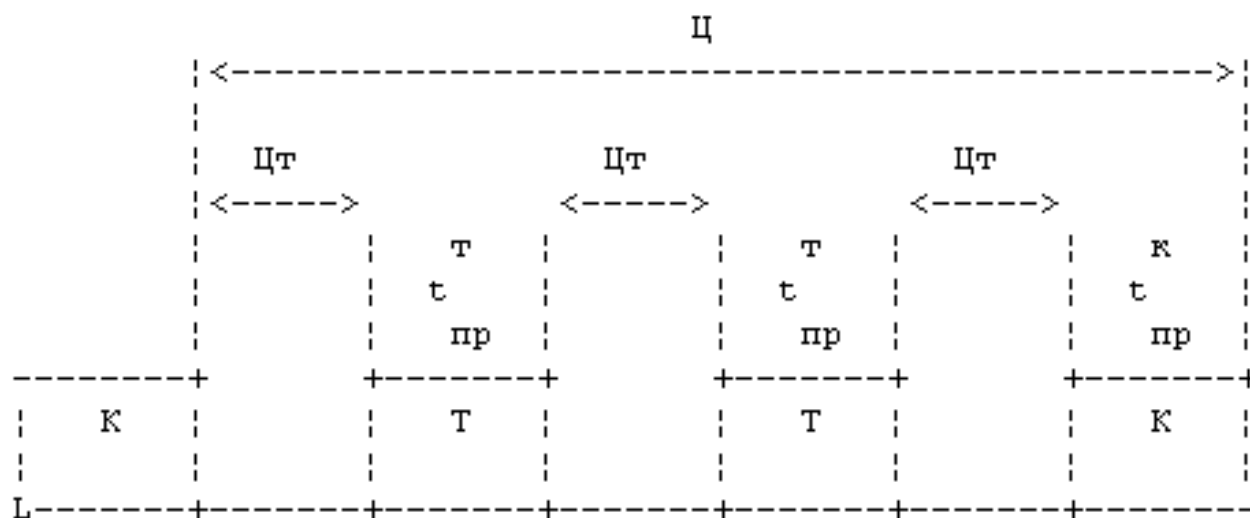
Межремонтный период (МП) - промежуток времени между двумя текущими плановыми ремонтами или между текущим и капитальным ремонтом.

Продолжительность ремонтного цикла можно определить по формуле:

$$Ц = \sum C_m + \sum t_{np}^m + \sum t_{np}^k,$$

где  $\sum t_{np}^m$  – время простоя в текущем ремонте;

$\sum t_{np}^k$  – время простоя в капитальном ремонте.



О – осмотр; Т – текущий ремонт; К – капитальный ремонт.

Рисунок 12.1 – Структурная схема ремонтного цикла водохозяйственных объектов

### ***Контрольные вопросы***

1. Основные задачи системы технического обслуживания на водохозяйственных объектах.
2. Периодические осмотры сооружений и оборудования водохозяйственных объектов, номенклатура их.
3. Текущий ремонт сооружения и оборудования водохозяйственных объектов.
4. Капитальный ремонт сооружения и оборудования водохозяйственных объектов.
5. Структурная схема ремонтного цикла водохозяйственных объектов.

## ТЕМА 13 ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

### 13.1 Эксплуатация источников подземных вод водохозяйственных объектов

Типы подземных вод:

- верховодка;
- грунтовые воды;
- артезианские воды.

Запасы подземных вод подразделяют на естественные и эксплуатационные. *Естественные запасы* включают в себя воду, протекающую через поперечное сечение водоносных пластов (динамические запасы); и объем воды, содержащийся в порах и трещинах водоносных пластов (статические запасы) в естественном состоянии, не нарушенном эксплуатацией водозаборных сооружений.

*Эксплуатационными запасами* называют то количество воды, которое может быть получено из водоносных пластов при помощи водозаборных сооружений в течение всего периода их эксплуатации.

Количество воды, которое может быть получено из водоносных пластов данного источника составит:

$$Q_{\text{эк}} = Q_{\text{д.з}} + Q_{\text{ст.з}} + \Delta Q \text{ м}^3/\text{сутки},$$

где  $Q_{\text{д.з}}$  и  $Q_{\text{ст.з}}$  – часть динамических и статических запасов, используемых водозаборным сооружением;

$\Delta Q$  – дополнительное количество воды, привлекаемое в процессе эксплуатации водозаборных сооружений из соседних пластов и бассейнов или получаемое в результате искусственного заводнения.

*Динамические запасы* (или естественный расход подземных вод в пласте на том или ином участке его распространения) могут быть определены по формуле:

$$Q_{\partial} = kIab \text{ м}^3/\text{сутки},$$

где  $k$  – коэффициент фильтрации, характеризующий водопроницающую способность грунтов и выражающийся приближенно следующими величинами,  $\text{м}^3/\text{сут}$ , для галечника с очень крупным песком – от 100 до 200; для крупного песка – от 25 до 100; для песка средней крупности – от 10 до 25; для мелкого песка – от 5 до 10; для очень мелкого песка – от 1 до 5.

$I$  – гидравлический уклон подземных вод, или средний градиент потока ( $I \approx \Delta H:L$ ), где  $\Delta H = H_1 - H_2$  – разность напоров на участке вдоль по потоку длиной  $L$ );

$a$  – мощность пласта,  $\text{м}$ ;

$b$  – протяженность фронта фильтрации,  $\text{м}$ .

*Статические запасы*, или объем воды, содержащийся в порах и трещинах водоносного пласта (объем пласта  $W_{nl}, \text{м}^3$ ):

$$W_{cm} = m W_{nl}, \text{м}^3,$$

где  $m$  – коэффициент водоотдачи пород (определяют на основании полевых опытов или наблюдений за режимом подземных вод); ориентировочно можно принимать  $m$  равным для крупнозернистого песка от 0,25–0,30; для трещиноватых пород от 0,02 до 0,10.

*Статические запасы* в свою очередь могут быть разделены на два вида:

- регулировочные запасы, объем которых изменяется в течение года;
- вековые запасы, объем которых постоянен и в естественных условиях изменяется только в геологическом разрезе времени.

## 13.2 Забор подземных вод водохозяйственных объектов

Для водоснабжения используют грунтовые воды со свободной поверхностью, а также межпластовые и артезианские воды. В зависимости от конкретных условий для забора воды применяют каптажи, горизонтальные водосборы, шахтные колодцы, буровые скважины, а также лучевые

водозаборы. Дебит неглубоких источников чаще всего непостоянный; но вода в них обычно хорошего качества.

При залегании водоносного слоя до глубины 6–8 м и небольшой мощности его (2–5 м) подземную воду захватывают горизонтальным трубчатым водосбором или галереей. Вода поступает через круглые или щелевые отверстия в трубах либо через зазоры в стыках керамических или бетонных труб. По длине галереи обычно устраивают смотровые колодцы; а на конце или в середине – водосборный колодец.

Забор подземных вод с глубины 20–40 м и более осуществляют при помощи скважин, представляющие собой трубчатые колодцы, выполненные бурением. Глубина водяных скважин может быть большой – до 1000 м и более в зависимости от глубины залегания эксплуатационного водоносного слоя. Эксплуатируемые скважины глубиной до 100 м составляют 75%, от 100–200 м – 15%. Производительность скважины может быть от 3–5 до 300–500 л/сек, что зависит от характера водоносного слоя, а также от конструкции скважины.

Естественный уровень воды в колодце или скважине при отсутствии забора из него воды (откачки) называют **статическим уровнем**.

При откачке воды из колодца или скважины для забора подземной воды из потока мощности  $H$ , движущегося в слое рыхлых водопроницаемых пород, уровень воды в колодце или скважине радиусом  $r$  понижается на величину  $S$ . Эта величина тем больше, чем большее количество воды отбирают за определенное время и чем менее проницаем водоносный слой.

По истечении некоторого времени при равномерной откачке воды (с постоянным расходом) в скважине установится пониженный, но постоянный на время откачки так называемый **динамический уровень**, отвечающий наступившему равновесию между откачиваемой водой и притоком ее из окружающего водоносного слоя.

Уровень подземных вод понижается не только в самом колодце или скважине, но и в окружающей его водоносной породе, постепенно

повышаясь по мере удаления от колодца (скважины). Если недалеко от колодца (скважины), из которого откачивают воду, имеются другие колодцы или скважины, то уровень в них также будет понижаться. Такое понижение будет тем больше, чем ближе расположены эти колодцы или скважины к той скважине, из которой откачивают воду.

Такое понижение уровня подземных вод при откачке из водоносного слоя называют **воронкой понижения** или **воронкой депрессии** с радиусом  $R$ .

Колодцы или скважины, доведенные до водоупорного пласта, называют совершенными, а не доведенные до водоупорного пласта – несовершенными.

Приток воды к совершенному колодцу (скважине) и к несовершенному колодцу (скважине) приведены на рисунках 13.1 и 13.2.

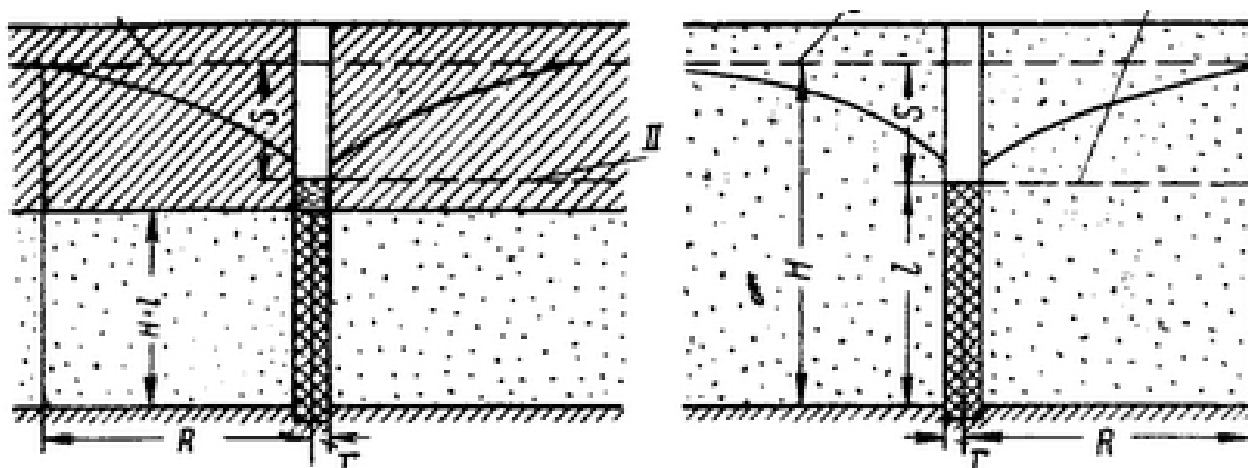


Рисунок 13.1 – Приток воды к совершенному колодцу (скважине):

$a$  – в напорном пласте;  $b$  – в не напорном пласте;

$I$  – статический уровень;  $II$  – динамический уровень

Водоприемную часть скважины оборудуют **фильтром**. Лишь скважины, получающие воду из устойчивых скальных трещиноватых пород, а также пород с прочной кровлей, устраивают без фильтра (безфильтровые скважины). Все имеющиеся конструкции фильтров делят на дырчатый, щелистый, сетчатый, гравийный и гравитационный.

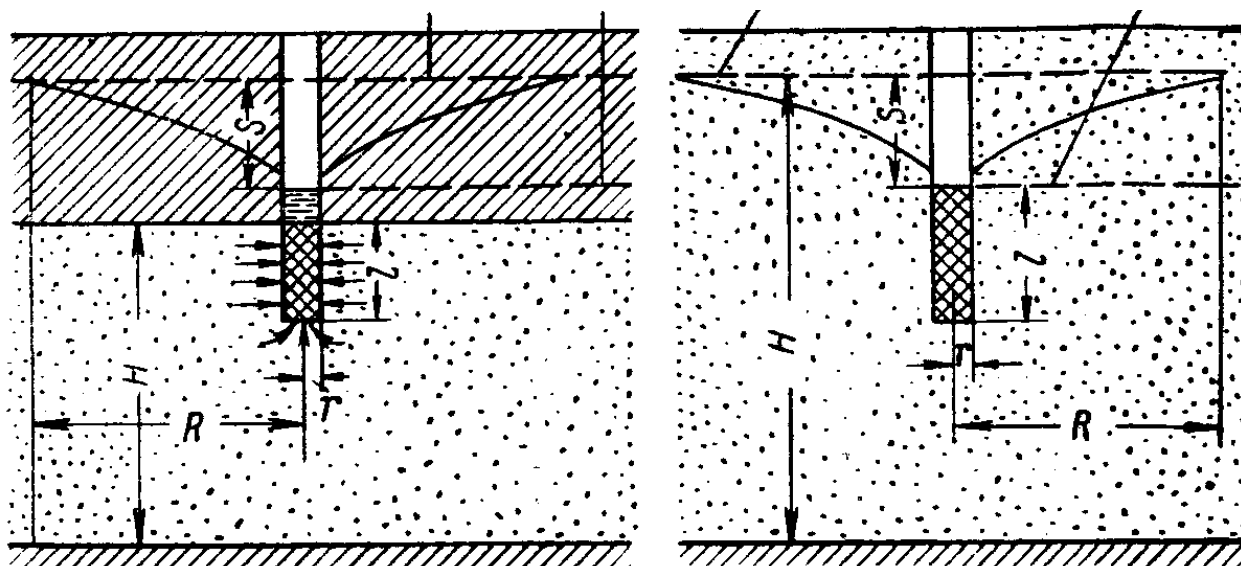


Рисунок 13.2 – Приток воды к несовершенному колодцу (скважине):

$a$  – в напорном пласте;  $b$  – в не напорном пласте;

$I$  – статический уровень;  $II$  – динамический уровень

В скважинах, получающих воду из рыхлых, песчано-гравелистых пород, применяют обычно дырчатые или щелистые фильтры. В водоносных песках скважины устраивают с сетчатыми гравийными фильтрами.

Дебит колодцев и скважин может уменьшаться по следующим причинам:

- при заилении дна колодца поступающим мелким песком;
- при засорении зернистых пород в результате их цементации соединениями железа, алюминия, окиси кальция и кремния, выпадающими из подземной воды в осадок;
- при уменьшении сечения самой скважины из-за отложений осадка железа, кальция и других соединений на стенках обсадных труб;
- при засорении фильтра скважины (перфорированной трубы и сетки) песком, отложениями и осадком;
- при оплывании пород (например, мела) и смещении верхних и мелкозернистых песков вниз в зону гравелистых песков;



- от засорения скважины оборвавшимися деталями водозаборных и водоподъемных устройств;
- при утечке воды через не плотности скважины в нижерасположенный горизонт воды, статический горизонт которого ниже динамического уровня воды в эксплуатируемой скважине.

Дебит колодцев и скважин может увеличиваться вследствие выноса мелких частиц из зернистых пород водоносного слоя, в результате чего порода промывается и уменьшается сопротивление в водоносном слое; прорыва сетки и фильтра из-за ее износа; нарушения тампона (сальника) в кольцевом зазоре между фильтровой и обсадной трубой; разрушения коррозией обсадных труб и прорыва воды из расположенных выше горизонтов.

### **13.3 Особенности эксплуатации насосных станций водохозяйственных объектов**

Основными требованиями по эксплуатации насосных станций являются: надежность и экономичность работы, безаварийность и безопасность работы обслуживающего персонала при наилучших технико-экономических показателях.

Надежная работа насосной станции достигается правильным эксплуатационным режимом, систематическим уходом и надзором за состоянием оборудования, своевременным проведением ремонтов.

Наиболее экономичная и безаварийная работа насосной станции может быть только в том, случае, когда будут правильно подобраны насосы с учетом местных условий на требуемую производительность и напор при максимальном КПД.

Работу каждого агрегата следует постоянно контролировать контрольно-измерительными приборами (манометры, вакуумметры, моновакуумметры, водомеры, счетчики электроэнергии и др.).

Перед пуском насоса в обкатку необходимо произвести его ревизию: проверить чистоту всех внутренних узлов, их монтаж, сделать несколько оборотов и, если при этом дефекты не будут обнаружены, то необходимо проверить водой заполнение всасывающей линии. При этом задвижка на напорной линии у насоса должна быть закрыта (при запуске насоса на закрытую задвижку).

Затем включить двигатель и запустить насос в работу. После достижения насосом нормального числа оборотов и напора, постепенно открывать пусковую задвижку (во избежание гидравлического удара). Остановку насоса проводят путем медленного закрытия задвижки, а затем уже выключают двигатель.

В период проверочного пуска агрегата в работу контролируют температуру подшипников, показания манометра, вакуумметра, амперметра - показания всех приборов должны соответствовать их эксплуатационной характеристике. Если в период этих проверок дефектов и отклонений от существующих правил эксплуатации обнаружено не будет, агрегат принимают в эксплуатацию. Однако перед пуском в постоянную эксплуатацию во время обкатки могут быть обнаружены трущиеся части, нагревание, стуки, потрескивание, шум и другие отклонения от нормы. Поэтому после 3–5-минутной обкатки следует проверить и устранить замеченные ненормальности. Если нагревание, стук, треск и прочие недопустимые явления не наблюдаются, насос обкатывают в течение 10–15 минут, а затем снова проверяют и, если никаких неисправностей в работе не наблюдается, насос запускают в работу на 30 минут, затем в течение часа и, наконец, в течение 6 часов.

После этого насос подвергают пробной эксплуатации и в журнале отмечают все неполадки в работе насоса, остановки его на ремонт, характер дефектов и способы их устранения.

Основными неполадками могут быть: нагрев трущихся частей и стук в насосе или двигателе. Причинами нагрева трущихся частей могут быть

неточность пригонки, перекосы, тугая затяжка, загрязненность трущихся поверхностей или смазочного масла. Стук в насосе или двигателе может быть из-за неправильной сборки, ослабления натяжки соединений отдельных частей или попадания посторонних предметов в какие-либо движущиеся части.

В случае появления стука насос надо немедленно остановить и осмотреть, и лишь только после устранения причины стука снова можно пустить его в работу.

Основные неполадки в работе центробежных насосов отображены в таблице 13.2.

Таблица 13.2 – Основные неполадки в работе центробежных насосов

Неисправность	Причина неисправности	Способ устранения
Насос после пуска в работу двигателя не подает жидкость	Нарушен вакуум во всасывающей линии. Скопление воздуха в корпусе насоса. Закупорка трубок гидравлического сальника.	Осмотреть трубопровод и устранить неполадку. Повторить заливку насоса водой. Осмотреть и прочистить трубки.
Подача насоса в процессе работы падает	Уменьшилось число оборотов. Воздух просачивается во всасывающую линию или корпус насоса через сальники. Засорились каналы рабочего колеса. Увеличились сопротивления в напорном трубопроводе. Увеличилась высота всасывания. Износились уплотнительные кольца или повреждено рабочее колесо.	Проверить и исправить двигатель. Подтянуть сальники или сменить в них набивку. Осмотреть колесо и прочистить его каналы. Проверить все задвижки и места возможного засорения трубопроводов. Осмотреть всасывающий трубопровод и приемный клапан. Сменить поврежденные детали.
Уменьшение напора в процессе работы насоса	Уменьшилось число оборотов. Разрыв напорного трубопровода. Наличие воздуха в воде. Повреждены уплотнительные кольца и рабочее колесо.	Проверить двигатель. Осмотреть напорный трубопровод и устранить течь. Проверить всасывающий трубопровод или сменить набивку сальника. Сменить поврежденные детали.
Перегрев двигателя вследствие его перегрузки	Увеличилось число оборотов выше расчетного. Увеличение подачи насоса выше допустимой. Механические повреждения электродвигателя или насоса.	Проверить двигатель и систему подключения к электросети. Прикрыть задвижку на напорном трубопроводе. Проверить двигатель и насос, сменить поврежденные детали.
Вибрация и шум при работе насосного агрегата	Неправильно установлен агрегат. Частично засорились каналы рабочего колеса. Ослабло крепление трубопроводов. Явления кавитации вследствие чрезвычайно большой высоты всасывания. Механические повреждения: заедание вращающихся частей. Прогиб вала. Износ подшипников.	Проверить установку агрегата. Осмотреть и прочистить колесо. Подтянуть крепления. Остановить насос и снизить высоту всасывания. Поврежденные детали заменить.

### **13.4 Аварийный ремонт в системах водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов**

К аварийному ремонту сети относятся работы по ликвидации повреждений сети и другие срочные непредвиденные работы, направленные на обеспечение режима нормального водоснабжения.

Таблица 13.1 – Расчетная продолжительность ликвидации аварии

Диаметр труб, мм	Продолжительность ликвидации аварии, ч	
	При глубине промерзания грунта, м	
	до 2	свыше 2
До 400	8	12
Свыше 400	12	24

#### ***Организация аварийного ремонта***

Для обеспечения немедленной локализации повреждений и выполнения аварийного ремонта сети при службе сети создают ремонтно-аварийные бригады с круглосуточным дежурством (включая и праздничные дни).

Каждая аварийная бригада должна состоять как минимум из 3 человек, включая бригадира или старшего слесаря, являющегося ответственным по бригаде.

#### ***Оснащение аварийных бригад***

Для выполнения аварийных работ дежурные бригады должны быть обеспечены двумя автомашинами:

- **пециальной аварийно-ремонтной,** оборудованной механизированным насосом, вентилятором, электростанцией и сварочным аппаратом и предназначенной для срочных выездов по вызову и для ликвидации небольших повреждений сети;

- **бортовой автомашиной** для перевозки материалов, необходимых для ликвидации повреждений с раскопкой (леса для распор, труб, фасонных частей, кирпича, песка для засыпки), уборки грунта и пр.

Каждая сменная аварийная бригада всегда должна иметь на вооружении:

- ломы, лопаты, слесарный инструмент с набором гаечных ключей;
- ключи, предназначенные для открывания задвижек и вентилей, не опускаясь в колодцы, крючки для открывания крышек;
- ящик с приспособлениями по технике безопасности, пояса с лямками и веревками, изолирующие противогазы с выкидными шлангами, лампы для обнаружения загазованности колодцев, аптечки и пр.;
- оградительные знаки, щиты и сигнальные фонари с красным стеклом, аккумуляторные и другие осветительные приспособления;
- оградительные знаки, щиты и сигнальные фонари с красным стеклом, аккумуляторные и другие осветительные приспособления;
- вентилятор и диафрагмовый насос с рукавом;
- пожарную головку (стендер) и торцовый ключ.

### ***Нормальные условия работы очистных сооружений и причины их нарушения***

Основными причинами, нарушающими нормальную работу очистной станции, являются:

- 1) перегрузка сооружений;
- 2) залповость поступления сточной жидкости или ее компонентов (песок, тряпки, осадок и т.п.);
- 3) перерыв электроснабжения;
- 4) весенний и осенний паводки, если сооружения в целом или отдельные элементы их находятся в заливаемой весенними водами зоне;
- 5) несоблюдение сроков планово-предупредительного (текущего и капитального) ремонта (ППР) сооружений и всего электромеханического оборудования;

б) нарушение обслуживающим персоналом правил технической эксплуатации водопроводно-эксплуатационных сооружений и правил техники безопасности.

Смесь бытовых и производственных сточных вод при совместной их биологической очистке в любое время суток не должна иметь:

- концентрацию водородных ионов (рН) менее 6,5 и более 8,5;
- температуру ниже +6 °С и выше +30 °С;
- общую концентрацию растворенных солей более 10 г/л;
- биохимическую потребность сточной жидкости в кислороде за 20 суток (БПК<sub>20</sub>) при поступлении на обычные биологические очистные сооружения более 500 мг/л и при соответствующем технико-экономическом обосновании до 1 000 мг/л при применении аэротенков с рассредоточенным впуском сточной жидкости;
- концентрацию вредных веществ не более ПДК.

Пуск в эксплуатацию сооружений биологической очистки, связанных с необходимостью предварительного образования в них микрофлоры (биологической пленки, активного ила), должен осуществляться в такое время года, когда температура поступающей на очистку сточной жидкости не снижается ниже 17–18 °С.

### ***Контроль за работой очистных сооружений***

Общее количество сточных вод, поступающих на очистные сооружения, подлежит обязательной регистрации с помощью специальных устройств.

Эти устройства должны обеспечить регистрацию как суммарного поступления за сутки, так и колебаний расхода воды по часам суток.

Таковыми устройствами являются:

- при перекачке всей воды на сооружениях – расходомеры с дифманометрами, водомеры и другие приборы;
- водосливы с тонкой стенкой и лотки с регистрацией в течение суток изменения напоров на водосливе;

- лоток с фиксированием уровней верхнего и нижнего бьефов;
- истечение из-под щита с фиксированием уровней бьефов и величины открытия щита;
- приборы для замеров уровня в открытой части канала при отсутствии подпора.

В обязанности оператора очистных сооружений водопровода на водохозяйственных объектах входит:

- наблюдение за работой хлопьеобразователя, за скоростями движения воды в нем, ходом реакции, эффективностью образования хлопьев и пр.;
- внедрение и экспериментальная проверка мероприятий по улучшению работы хлопьеобразователя: изменение скорости выхода воды из сопла, перестановка перегородок и т.д.
- наблюдение за своевременной очисткой хлопьеобразователей от осадка.

Независимо от накопления осадков хлопьеобразователи должны очищаться и проверяться не реже одного раза в год или чаще, если этого требуют местные условия.

Для осветления воды применяются отстойники горизонтального и вертикального типов и осветлители со взвешенным осадком.

Оператор или заведующий лабораторией должен:

- следить за работой отстойников и осветлителей;
- следить за накоплением осадка в отстойниках и осветлителях и влиянием этих осадков на качество отстаиваемой воды.

При очистке отстойника, если не предусмотрена гидравлическая или механическая чистка, проводятся следующие операции:

- прекращается подача воды на сооружение;
- открываются водосточные задвижки, и вода из отстойника вместе с частью осадка сбрасывается в водосток;
- оставшийся осадок размывается струей из брандспойта и удаляется в водосток;



- после удаления осадка отстойник обмывается из брандспойта. Одновременно удаляются загрязнения со стенок и перегородок с обработкой их 5-процентным раствором железного купороса;

- дезинфекция хлорной водой с дозой 25 мг/л.

При очистке воды не реже одного раза в квартал проверяется:

- равномерность распределения воды между отстойниками;
- правильность распределения воды в самом отстойнике, отсутствие перекоса кромок переливных лотков и желобов и т.д.

Необходимо обратить внимание на следующее:

- перед промывкой – на общий вид загрязненного песка, толщину пленки, равномерность распределения загрязнений по поверхности фильтра, наличие грязевых скоплений, наличие ям, воронок, трещин в песке, отхода песка от стен;

- после промывки – на состояние песка, наличие недостаточно промытых мест, остаточного загрязнения, выброса гравия и т.д.;

- дефекты, вызывающие ямы и воронки в песке, подлежат немедленному устранению. При наличии на поверхности песка после его промывки скоплений грязи и пр., ясно отличающихся от песка, их удаляют лопатой.

Один раз в 6 месяцев должна производиться проверка горизонтальности расположения поддерживающих песчаную загрузку фильтра слоев гравия и гальки. Проверка производится прощупыванием щупом во время промывки.

Раз в год должны отбираться пробы песка для анализа его на загрязненность.

Два раза в год должна производиться проверка уменьшения количества песка на фильтре путем измерения расстояния от поверхности его до кромки желобов и сравнения его с проектным. Убыль песка должна пополняться путем догрузки фильтра свежим песком.

Перед догрузкой фильтра необходимо удалить верхний загрязненный слой песка (3–5 см).

### ***Контрольные вопросы***

1. Запасы подземных вод.
2. Методы забора подземных вод водохозяйственных объектов.
3. Основные требования к эксплуатации насосных станций водохозяйственных объектов.
4. Основные неполадки в работе центробежных насосных станций, устранение их.
5. Организация аварийных ремонтов в системе водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов.
6. Контроль за работой очистных сооружений систем водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов.

## **ТЕМА 14 НАДЕЖНОСТЬ РАБОТЫ ВОДОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

Системы водоснабжения и водоотведения водохозяйственных комплексов должны соответствовать своему назначению – успешно выполнять свои функции; обладать прочностью – способностью выдерживать заданные нагрузки в процессе работы; быть простыми в эксплуатации и экономичными.

### **14.1 Общие положения**

В специальной технической литературе официально принято следующее определение понятия надежности: это свойство объекта выполнять заданные функции, сохраняя во времени значения установленных эксплуатационных показателей в заданных пределах, соответствующих

заданным режимам и условиями использования. В этом определении под объектом можно понимать, как систему в целом, так и ее отдельные элементы, сооружения, механизмы и изделия.

Это комплексное свойство – надежность – включает в себя также следующие понятия: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость.

Одно из важнейших свойств, наиболее полно отражающих сущность понятия надежности, – безотказность, т.е. свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени или некоторой наработки (объема выполненной работы). Обоснованное доверие к работающей системе и числовая оценка ее надежности могут базироваться исключительно на данных опыта фактической работы подобных систем или составляющих ее элементов.

Нарушения работы системы, препятствующие нормальному выполнению ее функций, обуславливаются различными случайными событиями. Единственный путь оценки возможности появления таких событий, закономерностей их возникновения и повторения – это сбор, изучение и обработка статистических сведений о работе действующих систем. Для отдельных элементов систем характеристики их поведения в работе определяют обычно специально поставленными заводскими испытаниями. Материалы, полученные в результате наблюдений в натуре или проведения соответствующих экспериментов, обрабатываются методами математической статистики и позволяют численно установить вероятность возникновения тех случайных событий, которые могут привести к нарушению нормального функционирования отдельных элементов и изделий, а, следовательно, и системы в целом.

Событие, заключающееся в нарушении работоспособности системы, элемента, называется отказом. Один из важнейшей числовой безотказности системы и ее надежности – вероятность безотказной работы, т.е. вероятность

того, что в пределах заданного времени работы объекта не возникнет его отказ.

Все оценки надежности и входящих в это понятие отдельных свойств и числовых показателей имеют вероятный характер. Поэтому, базируясь на данных фактического опыта работы аналогичных элементов, можно определить вероятность времени (длительность периода) их безотказной работы, вероятное среднее число отказов в заданный промежуток времени и другие числовые показатели, связанные с оценкой надежности.

Поскольку системы водоснабжения и водоотведения водохозяйственных объектов относятся к категории систем обслуживания, требования к их надежности, выраженные числовыми значениями тех или иных показателей надежности, устанавливаются в соответствии с требованиями потребителей воды и нормативами, учитывающими их нужды.

Обеспечение требуемой (заданной) надежности любой технической системы должно предусматриваться в процессе ее проектирования и расчета, изготовления (использование надежных материалов и оборудования), сооружения (высокое качество строительно-монтажных работ) и, наконец, эксплуатации – правильная организация аварийно-восстановительной службы, проведение планово-предупредительных ремонтов и использования обслуживающего персонала высокой квалификации.

#### **14.2 Показатели надежности технических систем**

Понятие надежности объекта включает следующие свойства: безотказность, долговечность, ремонтпригодность и сохраняемость, а также эффективность.

**Безотказность** – свойство объекта непрерывно сохранять работоспособность в течение некоторого времени.

**Долговечность** – свойство объекта сохранять работоспособность до наступления предельного состояния при установленной системе

технического обслуживания и ремонта. Предельное состояние определяется невозможностью дальнейшего использования объекта.

**Ремонтопригодность** – свойство объекта, заключающееся в приспособленности его к предупреждению и обнаружению причин возникновения отказов, повреждений, а также поддержанию и восстановлению работоспособного состояния путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

**Сохраняемость** – свойство объекта противостоять отрицательному воздействию условий и продолжительности хранения и транспортировки на его безотказность, долговечность и ремонтопригодность.

**Эффективность** применяется иногда для оценки качества систем.

В общем виде модель эффективности  $W$  имеет вид

$$W = \frac{D}{C}, \quad (14.1)$$

где  $D$  – предотвращенный ущерб;

$C$  – затраты на предотвращение ущерба.

Перечисленные свойства имеют различную относительную значимость в зависимости от вида объекта. Так, для крупных сооружений (плотины, резервуары, очистные станции) безотказность и долговечность имеют первостепенное значение. Для насосных станций наиболее важными являются: безотказность, ремонтопригодность и долговечность.

Технические системы в зависимости от параметров их элементов могут находиться в следующих состояниях:

- **исправное** (работоспособное), когда параметры объекта соответствуют всем требованиям нормативно-технической и конструкторской документации;
- **неисправное** (неработоспособное), при котором объект не соответствует хотя бы одному из требований нормативно-технической и конструкторской документации;

- **предельное** – состояние, при котором дальнейшее применение объекта по назначению недопустимо или нецелесообразно, либо восстановление его из неработоспособного (неисправного) состояния нецелесообразно.

Кроме перечисленных общих состояний в коммунальном хозяйстве могут быть в ходу и другие термины для видов состояний:

- **аварийное** – имеет место при отказе основных элементов, приводящее к резкому нарушению работы системы;

- **кризисное** – при отказе ряда элементов, приводящее к снижению производительности систем и задействования резервов при отсутствии запаса надежности. Кризис может перейти в аварию;

- **ремонтное** – имеет место при отключении отдельных элементов для проведения плановых и профилактических ремонтов;

- **чрезвычайная ситуация** – процесс перехода системы из одного состояния в другое, вызванный различными воздействиями на систему;

- **полный отказ** – полное прекращение работы системы. Понятие «отказ» является одним из основных в теории надежности. **Отказ** – это событие, при котором объект переходит в неработоспособное состояние.

**Повреждение** – объект переходит в неисправное, но работоспособное состояние.

В технике известны различные классификации отказов:

1. По времени возникновения за период эксплуатации технической системы различают три группы отказов:

- а) периода приработки;
- б) периода нормальной эксплуатации;
- в) периода интенсивного износа.

2. По характеру возникновения различают внезапные и постепенные отказы. **Внезапным** называется отказ, характеризующийся скачкообразным изменением значений одного или нескольких заданных параметров объекта. **Постепенный** отказ характеризуется постепенным изменением параметров.

**Перемежающийся** – многократно возникающий самоустраняющийся отказ одного и того же характера.

3. По связи между собой бывают зависимые и независимые отказы.

**Независимый** – отказ объекта, не обусловленный другими отказами.

**Зависимый** – отказ объекта, обусловленный отказами других элементов.

4. В зависимости от *причины возникновения*:

**конструкционные отказы** обусловлены несовершенством конструкции объекта (неправильно выбран материал, нагрузки и т.д.);

**производственные отказы** возникают в результате несовершенства или нарушения установленного процесса изготовления или ремонта объекта;

**эксплуатационные** – отказы, возникшие в результате нарушения правил и (или) условий эксплуатации объекта.

В практике оценки надежности технических объектов постепенные отказы называют параметрическими, а надежность и отношении таких отказов – *параметрической*.

Е. С. Переверзев предложил все отказы делить на две группы: А, В.

К *отказам группы А* относятся те, для которых на данном этапе развития науки и техники могут быть разработаны математические модели, позволяющие рассчитывать вероятность их появления. К этой группе относятся отказы, обусловленные случайными разбросами значений конструктивных, технологических, эксплуатационных и других факторов.

*Отказы группы В* вызываются действием не учитываемых факторов или скрытых дефектов, а также непредвиденными причинами. Отказы этой группы прежде всего связаны с культурой производства и эксплуатации, технологической дисциплиной. Они не поддаются описанию с помощью математических моделей.

### 14.3 Суммарное водопотребление водохозяйственных объектов

Суммарный объем водопотребления водохозяйственных объектов претерпевает следующие изменения во времени.

1. Ежегодной увеличение расхода воды в процессе эксплуатации, обусловливаемое постепенным ростом числа жителей и улучшением санитарно-технического оборудования жилищ и городского благоустройства, вызывающими увеличение удельных расходов на одного жителя в сутки.

2. Циклические (периодические) изменения суточных расходов, связанные с сезонами года, температурой, погодой, сезонной миграцией населения и обусловленные ростом, как удельного водопотребления, так и числа потребителей. Суточный объем водопотребления изменяется также в отдельные характерные дни недели (праздничные, предпраздничные и выходные).

3. Колебания часовых расходов воды в течение отдельных суток. Эти колебания обуславливаются режимами жизни населения и работы промышленности.

Требуемую надежность систем водоснабжения и водоотведения водохозяйственных комплексов можно определить только в результате комплексного рассмотрения всей проектируемой цепи сооружений.

Для любых расчетов по оценке надежности различных изделий и элементов технических систем необходимы сведения об их фактической работе. В зависимости от рода отдельных элементов и характера их функций используют различные методы получения указанных сведений. Для стандартных изделий массового промышленного изготовления эти сведения обычно получают, проводя заводские испытания большого числа образцов изделий. Для систем водоснабжения испытывают задвижки, клапаны, пожарные краны, насосы, электродвигатели и ряд других стандартных изделий, механизмов и приборов. Наряду с этим такие элементы систем водоснабжения, как линии (участки) водопроводной сети, линии водоводов,



нельзя отнести к типовым (стандартным) изделиям, и показатели их надежности должны определяться для отдельных участков эксплуатируемых систем. Набор изделий, составляющих отдельные участки (трубы, фасонные части, детали арматуры), зависит от места расположения участка в сети и ряда других условий.

Надежность водопроводных и канализационных линий водохозяйственных объектов зависит не только от типа, материала и диаметра труб, но и от конструкции стыковых соединений, качества их монтажа, подготовки основания, характера грунтов, воздействия транспорта, колебания внутренних давлений, коррозионных свойств грунтов и воды и др. Показатели надежности элементов подобного рода определяют только в результате длительных наблюдений за их работой в процессе эксплуатации, систематического сбора и обработки статистических данных обо всех повреждениях и авариях. Чем больше ряд наблюдений и длительность его периода, чем большее число однородных элементов подвергается наблюдению (или испытанию), тем достовернее будут полученные для них показатели надежности. Поэтому весьма важна полноценная система регистрации аварий и повреждений элементов системы.

Большая часть элементов водохозяйственных объектов относится к числу ремонтируемых и восстанавливаемых. Качество функционирования восстанавливаемого элемента характеризуется соотношением длительности периодов его работоспособного и неработоспособного состояния.

Основной критерий надежности сетей водоснабжения и водоотведения – безотказная работа системы или ее отдельных элементов в течение заданной продолжительности работы. Вероятность отказа и безотказность работы определяется как «вероятность того, что в пределах заданной наработки отказ не возникает» (здесь под наработкой следует понимать время последней работы системы или ее элемента).

Наиболее простые формулы для расчета параметров надежности получаются при использовании теории систем массового обслуживания (СМО).

Для сети, имеющей (n) участков, которую ремонтируют (r) бригад, вероятность того, что в сети будут выключены (k) участков, по Е. М. Гальперину, может быть вычислена по формулам

1) при  $1 \leq k \leq r$ , т. е. отсутствии очереди на ремонт

$$P_k = \frac{n!}{k!(n-k)!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k \cdot P_0, \quad (14.2)$$

2) при  $r \leq k \leq n$ , т.е. наличии очереди на ремонт

$$P_k = \frac{n!}{r! r^{k-r} (n-k)!} \left( \frac{\lambda}{\mu} \right)^k \cdot P_0 \quad (14.3)$$

#### 14.4 Повышение надежности эксплуатации водохозяйственных объектов

В процессе проектирования сооружений эксплуатации водохозяйственных объектов для создания комплексов или отдельных элементов с заданной степенью надежности применяют ряд методов:

- резервирование /дублирование/;
- упрощение систем в целях снижения интенсивности отказов и предупреждения их;
- выбор наиболее надежного оборудования;
- создание систем с ограниченными последствиями отказа, при которых значения расчетных параметров не будут резко отличаться от формулировки отказа;
- обеспечение режимов работы;
- контроль за основными рабочими параметрами в процессе эксплуатации.

Под резервированием сооружений водохозяйственных объектов понимают возможность работоспособности системы при отказе одного из ее элементов. В системах с резервированием выделяют основной и резервный трубопроводы. Первый представляет собой элемент структуры системы, отказ которого при отсутствии резервного трубопровода приводит к потере

работоспособности системы. Второй – элемент, предназначенный для обеспечения работоспособности системы или объекта в случае отказа первого элемента.

Различают общее и раздельное резервирование: общее – это метод повышения надежности, при котором резервируется система водоснабжения и отведения в целом; раздельное – метод резервирования отдельных магистралей, коллекторов.

Резервирование бывает постоянное и замещением. В первом случае для сетей водоснабжения и водоотведения резервные трубопроводы подключены к основным в течение всего времени работы и находятся в одинаковом с ними режиме. При резервировании замещением резервные трубопроводы замещают основные после их отказа.

При резервировании вероятность безотказного и бесперебойного водоснабжения или водоотведения для любого потребителя повышается.

По расчетной обеспеченности источников водоснабжения ДБН В.2.5 – 74:2013 устанавливают обеспеченность среднемесячных и среднесуточных расходов воды поверхностных источников в зависимости от требований бесперебойности подачи воды потребителям (табл. 14.1).

Таблица 14.1 – Обеспеченность расхода воды поверхностных источников водоснабжения

Категория надежности подачи воды	Обеспеченность среднемесячных или среднесуточных расходов воды поверхностных источников, %;
I	95
II	90
III	85

Наивысшая незаливаемая отметка водоприемных сооружений должна превышать максимальные мгновенные уровни воды в реке, зафиксированные за многолетний период наблюдений.

Для целей проектирования систем водоснабжения наибольший интерес представляют кривые распределения максимальных и минимальных суточных расходов источника, а также максимальных и минимальных уровней в источнике позволяет также определить отметки расположения насосов станций первого подъема и численные характеристики надежности их работы, соответствующие вероятности того, что фактический уровень воды не будет меньше заданного.

Для систем водохозяйственных объектов представляет практический интерес вероятностная оценка появления наивысших уровней воды в реке, соответствующих максимальным расходам. Такая оценка необходима для обоснованного выбора отметок расположения сооружений (отдельных помещений водоприемных сооружений и насосных станций), не допускающих их затопления в паводки. Надежность этих сооружений (в отношении незатопления) может быть охарактеризована вероятностью превышения уровня воды в реке над отметкой, принимаемой для их расположения.

В таблице 14.2 приведены величины расчетной обеспеченности уровней воды в поверхностных источниках, используемых для целей водоснабжения, установленные нормами ДБН В.2.5 – 74:2013.

Таблица 14.2 – Расчетная обеспеченность уровней воды поверхностных источников водоснабжения

Категория надежности водоснабжения	Расчетная обеспеченность уровней воды в источнике, %	
	максимального	минимального
I	1	97
II	2	95
III	3	90

Ряд особенностей в обеспечении надежности водоподачи возникает при использовании зарегулированного стока рек, т.е. при заборе воды из водохранилищ.

В тех случаях, когда водохранилища устраиваются исключительно в целях улучшения условий приема воды для систем водоснабжения, все требования к режиму использования водохранилищ и допустимому колебанию уровней воды в нем задаются авторами системы водоснабжения.

Для нужд водоснабжения используются иногда многоцелевые водохранилища, создаваемые для целей гидроэнергетики и одновременно для нужд водного транспорта.

При использовании водохранилищ катастрофическим событием могут быть разрушение или серьезное повреждение плотины и резкое падение уровня воды в водохранилище, не позволяющее забирать из него воду.

При использовании водохранилищ комплексного назначения для бесперебойного водоснабжения весьма важно согласование между всеми потребителями воды приемлемого диапазона колебания уровней воды в водохранилище в процессе нормальной его эксплуатации с учетом требуемой запланированной сработки по условиям режима работы гидроэлектрических станций.

В основу проектирования сооружений для приема подземных вод должны быть приняты утвержденные запасы этих вод.

В процессе эксплуатации скважин и колодцев несоответствие их дебита требуемому обнаруживается при нарастающем понижении уровня воды в них.

Число резервных скважин рекомендуется принимать по ДБН В.2.5 – 74:2013 в зависимости от категории надежности подачи воды (табл. 14.3).

Таблица 14.3 – Число резервных скважин при использовании подземных источников водоснабжения

Число рабочих скважин	Количество резервных скважин при категории надежности	
	I	II
1	1	I
от 2 до 10	2	I
11 и более	20%*	20%*
* От числа рабочих скважин		

### ***Контрольные вопросы***

1. Безотказная работа отдельных элементов водохозяйственных объектов.
2. Показатели надежности технических систем водохозяйственных объектов.
3. Суммарное водопотребление водохозяйственных объектов.
4. Повышение надежности эксплуатации водохозяйственных объектов.
5. Рациональное использование источников водоснабжения водохозяйственных объектов.

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гончаренко Д. Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление сетей водоотведения : Монография / Д. Ф. Гончаренко. – Харьков : Консум, 2008. – 400 с.
2. Хоружий П. Д. Эксплуатация систем водоснабжения и канализации : Справочник / П. Д. Хоружий, А. А. Ткачук, П. И. Батрак. – Киев : Будивельник, 1993. – 232 с.
3. Душкин С. С. Эксплуатация сетей водоснабжения и водоотведения : Учебное пособие / С. С. Душкин, И. О. Краев. – Киев : ІСДО, 1993. – 164 с.
4. Положение о проведении планово-предупредительного ремонта на предприятиях водопроводно-канализационного хозяйства Украины. РДП 204-12 Украина 262-97 / Государственный комитет Украины по жилищно-коммунальному хозяйству. – Киев, 1997. – 68 с.
5. Жмаков Г. Н. Эксплуатация сетей водоотведения / Г. Н. Жмаков. – М. : МИСИ, 1986. – 92 с.
6. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування». – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 210 с.
7. Орлов В. А. Разработка стратегии восстановления городских водоотводящих сетей / В. А. Орлов, В. А. Харькин // РОСТ. – 2001. – №3. – С. 20–27.
8. Гончаренко Д. Ф. Ремонтно-восстановительные работы на канализационных сетях в водонасыщенных грунтах / Д. Ф. Гончаренко, Е. Б. Клейн, И. В. Коринько. – Харьков : Прапор, 1999. – 158 с.
9. Эксплуатация систем канализации / В. П. Рудик, П. И. Петимко, В. Д. Семенюк, Ю. С. Сергеев. Под ред. В. Д. Семенюка. – Киев : Будівельник, 1984. – 128 с.

10. Абрамович И. А. Сети и сооружения водоотведения : расчет, проектирование, эксплуатация / И. А. Абрамов. – Харьков : Коллегиум, 2005. – 288 с.

11. Ситницкая Э. А. Опыт санации водоводов большого сечения / Э. А. Ситницкая // Сб. докл. Международного конгресса «ЭТЭВК-2003». – Крым : Ялта, 2003. – С. 11–13.

12. Сценарный прогноз развития рынка полимерных полипропиленовых и металлопластиковых труб в 2009–2020 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.meto.ru>.

13. Классификация и краткая техническая характеристика конструктивных исполнений основных типов трубопроводной арматуры [электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://www.rasko.ua>.

14. История пластиковых труб [Электронный ресурс]. – Режим доступа к ресурсу: <http://msd.com.ua>.

15. Гончаренко Д. Ф. Эксплуатация, ремонт и восстановление трубопроводов водоснабжения / Д. Ф. Гончаренко, Хайнрих Вевелер, А. И. Алейникова – Харьков : Раритеты Украины, 2015. – 280 с.

16. Душкин С. С. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод: монография / С. С. Душкин, А. Н. Коваленко, М. В. Дегтярь, Т. А. Шевченко. – Харьков : ХНАГХ, 2011. – 146 с.

17. Данилов Д. Т. Эксплуатация канализационной сети / Д. Т. Данилов. – М. : Стройиздат, 1977. – 127 с.

18. Дрозд Г. Я. Необхідність підвищення рівня надійності каналізаційних мереж України / Я. Г. Дрозд // Будівництво України. –1997. – №1. – С. 10–13.

19. Коринько И. В. Обеспечение надежности эксплуатации канализационных тоннелей / И. В. Коринько, А. Н. Коваленко // Коммунальное хозяйство міст. 2001. Вип. 27. – С. 21-25.



*Навчальне видання*

ДУШКІН Станіслав Станіславович

ДУШКІН Станіслав Сергійович

## ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВОДОГОСПОДАРСЬКИХ ОБЄКТІВ

### КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для студентів всіх форм навчання освітнього рівня «бакалавр»  
області знань 0601 – Будівництво та архітектура  
напрямку підготовки 6.060103 – Гідротехніка (Водні ресурси)  
професійного спрямування «Раціональне використання та охорона  
водних ресурсів»)  
(Рос. мовою)*

Відповідальний за випуск *В.О. Ткачов*

*За авторською редакцією*

Комп'ютерне верстання *С. С. Душкін*

План 2016, поз. 72Л

---

Підп. до друку 13.11.2017.      Формат 60 × 84/16

Друк на ризографії. Ум. друк. арк. 5,3

Зам. №      Тираж пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002  
Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.